

**gefördert im KUR-Programm zur Konservierung und Restaurierung von
mobilem Kulturgut**

**Konservierung mittelalterlicher Glasmalerei im Kontext spezieller
materieller und umweltbedingter Gegebenheiten**

Nachsicherung geschädigter Zaponlack-Wachs-Sicherungen an den um 1410/20
entstandenen Glasmalereien des Helenafensters nord VIII am Erfurter Dom -
Untersuchungen zu Schadensursachen, Schadensphänomenen, Methoden der
Nachbehandlung und des Monitorings



**Abschlussbericht
April 2010**

Inhalt

Vorbemerkungen	1
<i>Falko Bornschein</i>	
Liste der Projektteilnehmer	4
Zum Einsatz von Zaponlack bei der Restaurierung der Erfurter Domchorfenster nord IV bis nord VIII durch die Werkstatt Linne- mann (Frankfurt/ Main) in den Jahren 1909-1911. Hintergründe und daraus resultierende konservatorische Probleme	5
<i>Falko Bornschein</i>	
Naturwissenschaftliche Untersuchungen im Rahmen des Pro- jektes „Konservierung mittelalterlicher Glasmalerei im Kontext spezieller materieller und umweltbedingter Gegebenheiten“	36
<i>Manfred Torge, Martin Sabel, Ines Feldmann, Anka Kohl</i>	
Vergleichende Betrachtung der Schäden an Glasmalereischeiben Aus dem Hohen Chor des Erfurter Domes	76
<i>Nicole Sterzing</i>	
Nahfeldklimamessungen an zwei mittelalterlichen Chorfenstern des Domes St. Marien in Erfurt	124
<i>Oliver Hahn</i>	
3D-Dokumentation mittelalterlicher Glasmalerei mit der Methode der 3D-Weißlicht-Streifenprojektion	142
<i>Rainer Drewello, Nils Wetter, Max Rahrig, Paul Bellendorf</i>	
Kurzresümee	155
<i>Falko Bornschein</i>	

Vorbemerkungen

Falko Bornschein

Voraussetzungen/ Ausgangssituation

Der Hohe Chor des Erfurter Domes wurde bald nach seiner um 1371 erfolgten Weihe mit einem umfangreichen Glasmalereizyklus ausgestattet. Dabei handelt es sich um einen sehr qualitätvollen und ikonografisch einmaligen Zyklus, der sich entgegen anderen Beständen nach wie vor noch in situ befindet und durch seine Entstehung in der Zeit zwischen 1380 und 1420 eine aus kunsthistorischer Sicht interessante Stilentwicklung nachvollziehen lässt.¹ Im Kontrast zur hohen Qualität und Bedeutung der Kunstwerke steht jedoch ihr z. T. sehr schlechter Erhaltungszustand. Die Schäden betreffen vor allem einen Großteil der originalen Glassubstanz und weite Bereiche der Schwarzlotmalerei. Ursachen für die insgesamt erheblichen Schäden sind in der starken Korrosionsanfälligkeit einer Vielzahl der verwendeten Gläser, in den über lange Zeit sehr schlechten Umweltbedingungen vor Ort, aber auch in früheren Restaurierungsmaßnahmen zu finden.²

Nach ersten umfangreicheren naturwissenschaftlichen Untersuchungen in den späten 1970er Jahren und einer Notsicherung des Bestandes in der Zeit ab 1979 wurden seit 1991 in mehreren Projekten Mittel und Methoden zur praktischen Sicherung des Bestandes erforscht. Auf dieser Grundlage werden die fragilen Glasmalereien seit dem Jahre 2000 in einer modern eingerichteten Glaswerkstatt am Erfurter Dom restauriert und konserviert. Die genannten Untersuchungen und die Konzeptfindung erfolgten in Zusammenarbeit von Naturwissenschaftlern, Restauratoren, Kunsthistorikern, Denkmalpflegern, Bauverantwortlichen und dem Domkapitel als Eigentümer. Konkret waren die Kollegen der Kölner Dombauhütte, das Fraunhofer-Institut für Silicatforschung Würzburg, die Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung Berlin, das Labor Prof. Dr. Drewello am Germanischen Nationalmuseum Nürnberg, Frau Prof. Dr. Jägers (FH Köln), die Fachhochschule Erfurt (Fachbereich Restaurierung- und Konservierung), Vertreter der zuständigen Denkmalpflegeeinrichtungen und des Dombauamtes in die Arbeiten eingebunden. Auf dieser Basis wurden in den zurückliegenden Jahren die Südseitenfenster süd IV-VI des Hohen Chores bearbeitet.³

Ansatzpunkte und wesentliche Inhalte des Projektes

Mit der Restaurierung und Konservierung des ersten Nordseitenfensters (nord VII) ergaben sich veränderte Voraussetzungen für die Bearbeitung der Glasmalereien. Dies betrifft u. a. die Reduzierung der rückseitigen (bzw. außenseitigen)

¹ Vgl. Erhard Drachenberg: Die mittelalterliche Glasmalerei im Erfurter Dom (=CVMA DDR 1.2), Textband, Berlin 1980, Abbildungsband, Berlin 1983.

² Zur Restaurierungsgeschichte des Bestandes vgl. insbesondere: Falko Bornschein, Ulrike Brinkmann und Ivo Rauch: Erfurt, Köln, Oppenheim. Quellen und Studien zur Restaurierungsgeschichte mittelalterlicher Farbverglasungen (=CVMA Deutschland Studien II), Berlin 1996, S. 25 – 99 und S. 203 – 261.

³ Zu den Ergebnissen der Forschungen vgl. insbesondere: Mittelalterliche Glasmalerei im Dom zu Erfurt. Restaurierung und Konservierung, Leipzig 2004.

Wettersteinkruste. Zu beachten ist hier, dass die Scheiben der Nordseite durch nur geringes Durchlicht und einen Gegenlichteinfluss dunkler und etwas matter erscheinen als diejenigen der Südseite. Andererseits dominieren beim Bonifatiusfenster (nord VII) und dem Helenafenster (nord VIII) Weiß- und Blaugläser, die sich durch ihre Helligkeit und Kühle gegenüber der Farbwirkung der älteren Fenster im Ostbereich des Chores absetzen und auch eine modifizierte Materialzusammensetzung aufzuweisen scheinen.

Auf der dem Kircheninnenraum zugewandten Vorderseite unterscheiden sich die Nordseitenfenster nord IV-VIII von den übrigen Chorfenstern in ihrer Oberflächenbeschaffenheit. Im Rahmen einer zwischen 1909 und 1911 durchgeführten Restaurierung durch die Werkstatt Rudolf und Otto Linnemann (Frankfurt/ Main) wurden auf diesen vier Fenstern großflächig Zaponlack aufgebracht. Ziel dieser Maßnahme war es, mit Kaltmalerei vorgenommene Malschichtergänzungen zu festigen und wohl auch die ästhetische Erscheinung der Glasmalereien zu vereinheitlichen (vgl. Abschnitt 2 des vorliegenden Berichts). Die aufgebrachte Zaponlackschicht wies bald erhebliche Schäden auf und begann sich unter Schädigung der Schwarzlotmalerei abzulösen. Im Zuge der letzten Bearbeitung der genannten Fenster in den 1980er Jahren wurde der noch vorhandene Zaponlack zu großen Teilen entfernt, im Bereich von Malerei aber auch mit Bienen- und Carnaubawachs mitgesichert. Durch zu erwartende Veränderungen der Eigenschaften des Zaponlacks und die weder mit dem Glas und der Malerei, noch mit den Wachsapplikationen identischen physikalischen Eigenschaften des Materials ergab sich ein bis dato noch nicht näher erforschtes Schadenspotential, das einer Untersuchung bedurfte. An die entsprechenden Ergebnisse war die Frage nach eventuellen Auswirkungen auf die konkrete Restaurierungs- und Konservierungsmethode am Erfurter Dom verknüpft. Darüber hinaus dürften die Untersuchungsergebnisse auch wichtige Hinweise für alle weiteren um 1900 mit Zaponlack gesicherten Objekte liefern. Die Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung war für diese speziellen Untersuchungen prädestiniert, zumal sie langjährige Erfahrungen mit dem Erfurter Bestand besitzt und gerade auch das in die Fragestellungen einbezogene Wachsapplikationsverfahren und dessen Optimierung (unter Dr. Müller und Dr. Torge) federführend mitentwickelt hat.

Weiterhin sollte innerhalb des Projektes der Frage nach dem Anteil von Umwelteinflüssen und früheren restauratorischen Eingriffen als Schadensursache nachgegangen und Möglichkeiten der Bewertung von Schadensfortschritt durch Monitoring auf 3D-Basis ausgelotet werden.

Die Glaswerkstatt des Erfurter Domes verfügt über eine relativ umfangreiche Sammlung an historischen Fotografien der Glasmalereien des Domes. Durch diese Aufnahmen lassen sich Veränderungen und insbesondere Schäden der Malereiseite, d. h. der Innenseite der Felder, in den letzten 100 Jahren optisch nachvollziehen und in ihrem Umfang und Verlauf in etwa abschätzen. Von der Außenseite der Scheiben liegen hingegen nur vergleichsweise wenige Aufnahmen vor. Die ältesten aus dem Jahre 1887 zeigen einen schon weitgehend flächigen Belag von Wetterstein. Aber nicht alle Glasmalereien des Hohen Chores waren diesen speziellen Bedingungen vor Ort und den entsprechenden restauratorischen Behandlungen ausgesetzt. So existieren z. B. noch einzelne Originalfelder, die um 1830 aus dem Erfurter Dom entfernt wurden und letztendlich in verschiedene Museen (nach London, Darmstadt, München und New York) gelangt sind. Sie bieten einen interessanten Ansatzpunkt zur Erforschung äußerer Einflüsse wie

auch entsprechender Restaurierungsmaßnahmen auf die Originalsubstanz. Im Vergleich mit den in situ verbliebenen Objekten waren dadurch weiterführende Erkenntnisse über Schadensverläufe, Schadensdynamik oder mögliche Schutzmaßnahmen zu erwarten. Dieser zweite Projektteil wurde durch die Dipl.-Rest. (FH) Nicole Sterzing bearbeitet. Den Einfluss der nicht zu unterschätzenden klimatischen Bedingungen in diesem Zusammenhang übernahm Herr Dipl.-Ing. Oliver Hahn vom Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH.

Eine weitere, seit langem in der Fachwelt diskutierte Problematik ist die einer möglichst objektiven Einschätzung von Glas- bzw. Malschichtschäden. Über die vorgenannten Fotos sind nur optisch nachvollziehbare Oberflächenschäden identifizierbar (etwa eingetretener Malschichtverlust, Aufbrüche innerhalb der Malerei, ein sich Verdichten von Korrosionsprodukten oder Ähnliches). Zudem sind die einzelnen Phänomene nur schwer quantifizierbar. Gefahrenpotential, das von tieferen Schichten ausgeht, wo sich ohne weitere optische Anhaltspunkte an der Oberfläche lediglich das Oberflächenrelief verändert oder wo Korrosionsstärken zu- bzw. abnehmen ist so kaum zu erkennen bzw. näher zu beurteilen. Angesichts der großflächigen Sicherung mit Bienen-/Carnaubawachs und den z. B. beim Tiefengrubenfenster süd VI beobachteten Phänomenen korrosiver Unterwanderung von Malschicht stellt das Abtasten und Darstellen der Oberfläche auf 3D-Basis einen für den Erfurter Bestand vielversprechenden Ansatz zum Monitoring der Glasmalereien dar. Dadurch könnte u. U. für die zukünftige Bearbeitung ein objektiveres Kriterium zur Beurteilung, d. h. zur Spezifizierung, zur Lokalisierung und zur Quantifizierung von Oberflächenveränderungen gewonnen werden.

Dieser dritte Schwerpunkt des Projektes wurde vom Fachbereich Restaurierungswissenschaften der Otto-Friedrich-Universität Bamberg bearbeitet. In die 3D-Vermessungen entsprechender Probefelder waren Prof. Dr. Rainer Drewello, Dr. Paul Bellendorf und Nils Wetter involviert. Durch die Bamberger Universität unter Prof. Drewello sind 3D-Messungen mit einem Weißlicht-Streifenprojektionsscanner bereits an dem wohl nach einem Dürer-Entwurf gestalteten Mosesfenster der Kirche St. Jakob in Straubing praktiziert worden – hier jedoch mit kunsthistorischen Fragestellungen bezüglich der Unterzeichnung.⁴ Die Anwendung zu Monitoring-Zwecken im Bereich der Glasmalereirestauration stellte Neuland dar.

Die praktischen Arbeiten am Bestand erfolgten in der modern eingerichteten Glaswerkstatt des Erfurter Domes. Sie wurden von Matthias Jähn und Thomas Glaß durchgeführt, die nunmehr seit mehr als 30 bzw. mehr als 25 Jahren den mittelalterlichen Zyklus des Hohen Chores konservatorisch und restauratorisch betreuen. Der Kunstgutbeauftragte des Bistums Erfurt, Dr. Falko Bornschein, fungierte als Projektkoordinator.⁵

⁴ Vgl. Hartmut Scholz: Albrecht Dürer und das Mosesfenster in St. Jakob in Straubing, Berlin 2005 und Markus Kleine: Berührungslose Bestandsaufnahme. Dreidimensionale Vermessungstechniken im Dienst der Glasrestauration. In: *Restauro* 5(2010), S. 317-319.

⁵ Zum Anliegen und den wichtigsten Ergebnissen des vorliegenden Projektes vgl. Falko Bornschein, Manfred Torge, Rainer Drewello, Paul Bellendorf, Nils Wetter, Nicole Sterzing und Oliver Hahn: „Konservierung mittelalterlicher Glasmalerei im Kontext spezieller materieller und umweltbedingter Gegebenheiten“. Ein Projekt der Kulturstiftung des Bundes. In: *Restauro* 5(2010), S. 320-325.

Liste der Projektteilnehmer

Projektträger:

Dom zu Erfurt St. Marien, Domkapitel; arbeitsverantwortlich: Dombauamt und
Glaswerkstatt des Erfurter Domes
D-99084 Erfurt, Dom zu Erfurt, Domstufen 1
Dr. Falko Bornschein; Matthias Jähn, Thomas Glaß

Mail: dom-glasrestauration-erfurt@arcor.de

Projektpartner:

Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung
D-12489 Berlin, Richard-Willstätter Str. 11
Dr. Manfred Torge ; Dr. Martin Sabel ; Dipl.-Ing (FH) Ines Feldmann, Anka Kohl

Mail: manfred.torge@bam.de

Dipl.-Rest. (FH) Nicole Sterzing
D-99869 Seebergen, Hauptstraße 130

Mail: N.Sterzing@gmx.de

Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH
D-99427 Weimar, Industriestraße 1a
Dipl.-Ing. Oliver Hahn

Mail : info@ibw-weimar.de

Otto-Friedrich-Universität Bamberg
D-96047 Bamberg, Institut für Archäologie, Bauforschung und Denkmalpflege, FB
Restaurierungswissenschaften, Am Kranen 12
Prof. Dr. Rainer Drewello, Dr. Paul Bellendorf, Nils Wetter

Mail: prorektor.forschung@uni-bamberg.de

Zum Einsatz von Zaponlack bei der Restaurierung der Erfurter Domchorfenster nord IV bis nord VIII durch die Werkstatt Linnemann (Frankfurt/ Main) in den Jahren 1909-1911. Hintergründe und daraus resultierende konservatorische Probleme

Falko Bornschein

1. Die Arbeiten der Werkstatt Linnemann an den Nordseitenfenstern

Nach einer umfangreichen Restaurierung der mittelalterlichen Glasmalereien im Hohen Chor des Erfurter Domes durch regionale Kräfte in den Jahren 1856-1860 bestand nach Einschätzung der Bauverantwortlichen am Ende des 19. Jahrhunderts bereits wieder Handlungsbedarf.¹ Ausgangspunkt für die abermals sehr weitreichenden Maßnahmen waren vor allem Schäden an der Verbleiung bzw. deren Verkittung. So wurde in einem Bericht des Königlichen Regierungsbaumeisters Max Guth zu einer Ortsbesichtigung am 24. und 25. August 1888 eingeschätzt, dass die Verbleiungen der Chorfenster undicht seien, was „namentlich im Winter wegen des entstehenden Zuges und Geräusches, das die losen Scheiben verursachen, den Aufenthalt in dem Chore bedeutend erschweren, sowie die Abhaltung gottesdienstlicher Handlungen stören“ würde.² Außerdem wurde das Fehlen einzelner Gläser vermerkt. Bei einer späteren Inspektion im Mai 1889 stellte sich zudem heraus, dass auch der Verputz der Fenster (der „Cementverstrich“) nicht sonderlich „sorgfältig ausgeführt wurde“.³ Darüber hinaus, so der Erfurter Regierungsbaumeister Georg Büttner, seien die Befestigungen im Steinwerk und an den Sturmstangen lose und die Glasmalereien „theils durch Einflüsse der Witterung theils durch verständnislose Wiederherstellungsversuche“ schwer geschädigt worden.⁴ Zur Beseitigung dieser Mängel und zur „Wiederherstellung der Fenster als Kunstwerke“⁵ schlossen sich um die vorletzte Jahrhundertwende stark in den Bestand eingreifende Konservierungs- und Restaurierungsarbeiten an. Sie wurden in den Jahren 1899 – 1901 durch das Königliche Institut für Glasmalerei Berlin-Charlottenburg durchgeführt.⁶ Der Auftragsvergabe war eine „probeweise Bearbeitung“ des Abrahamfensters (süd III) durch das Königliche Institut in den Jahren 1897/98 und des Genesisfensters (süd II) durch die Werkstatt Alexander Linnemann im Jahr 1898 vorausgegangen.⁷

Nach Auflösung der staatlichen preußischen Einrichtung führte die in Frankfurt am Main ansässige Werkstatt der Gebrüder Rudolf und Otto Linnemann die Restaurierung des Chorzyklusses zu Ende. Unter der 1889 durch Alexander Linnemann gegründeten und nach dessen Tod im Jahre 1902 von seinen Söhnen weitergeführten hessischen Glasmalereifirma⁸ wurden zwischen 1909 und 1911 die noch ausstehenden Nordseitenfenster nord IV – nord VIII bearbeitet. Der genaue Beginn der Linnemannschen Restaurierungen an den Nordseitenfenstern des Domchores ließ sich nicht ermitteln. Im September/ Oktober 1909 wird der leider nicht mehr erhaltene Vertrag mit der Frankfurter Werkstatt abgeschlossen.⁹ Spätere Schreiben nennen den 21. September als Bezugsdatum für den Vertragsabschluss.¹⁰ Mit einem Brief vom 25. Oktober 1909 sendet Rudolf Linnemann den unterschriebenen Vertrag an die Königliche Regierung in Erfurt zurück und drängt angesichts des nahenden Winters gleichzeitig auf einen möglichst schnellen Beginn der Arbeiten.¹¹ Nachdem die Glasmalereien vor Ort

ausgebaut und durch eine Notverglasung ersetzt wurden waren, gelangten sie per Bahn nach Frankfurt in die damals in der Bornheimer Landstraße 51 befindliche Werkstatt.

In beiden Einrichtungen, in Berlin-Charlottenburg, wie auch in Frankfurt/ a. M., wurden die musivischen Glasmalereien ausgebleit und am Ende mit 6, 4 und z. T. auch 2 mm Halbrundprofil neu verbleit. Ältere Bleie, darunter wohl auch zahlreiche original mittelalterliche, gingen dabei verloren. Ebenso rigoros wurden ältere, insbesondere aus den späten 1850er Jahren stammende Ergänzungen beseitigt und durch neue ersetzt. Bereits Regierungsbaumeister Büttner wies in einem Bericht vom 14. Januar 1898 darauf hin, die Gläser seien „...mit einer so dicken Schmutzkruste überzogen, „daß die ursprüngliche Farbenpracht dadurch sehr beeinträchtigt ist“ und eine „sorgfältige und vorsichtige Reinigung ... deshalb ebenfalls geboten“ sei.¹² Entsprechende Messbildaufnahmen der Fenster aus dem Jahre 1887 bestätigen diesen Zustand (vgl. Abb. 1).¹³ Mit welchen Mitteln und Methoden die Korrosionsprodukte der Innenseite in der Werkstatt Linnemann damals abgenommen wurden und wie dort die Ausdünnung der rückseitigen Wettersteinschicht erfolgte, bleibt im Dunkeln.¹⁴ Laut den vorhandenen Restaurierungsverträgen mit dem Königlichen Institut Berlin-Charlottenburg zur Bearbeitung der Domfenster war zumindest für die Innenseite eine Reinigung „unter pietätvoller Schonung der alten Malerei“ vereinbart.¹⁵ Hier führte man die vom Königlichen Institut begonnenen Arbeiten methodisch wohl auf gleicher Grundlage fort. Im Detail sollten sich die Maßnahmen jedoch in einigen Punkten unterscheiden. Dies betrifft z. B. den Umgang mit stark gesprungenen Gläsern bei Köpfen von Figuren. Während Letztere durch das Berliner Institut noch mit dünnen Sprungbleien versehen wurden, sicherte die Werkstatt Linnemann - nicht zuletzt auch aus ästhetischen Gründen - entsprechende Gläser durch beidseitige Doublierung mit dünnem Fensterglas.¹⁶ Auch bezüglich durchzuführender Übermalungen verfuhr die Werkstatt Linnemann anders als das Berliner Königliche Institut. Hierzu und zu dem damit im Zusammenhang stehenden Einsatz von Zaponlack weiter unten ausführlich.

Sämtliche Restaurierungs- und Konservierungsarbeiten an den fünf Fenstern waren bis Ende Mai 1910 abgeschlossen und die Glasmalereien zum Einbau in Erfurt fertig gestellt.¹⁷ Aus einem Schreiben Rudolf Linnemanns vom 22. September 1910 geht hervor, dass der vertraglich vereinbarte Einbautermin auf den 1. Juli 1910 festgesetzt war.¹⁸ Über die anzufertigenden Ergänzungsfelder (nord V, 1a-d, nord VI, 1a-d, nord VII, 1 / 2 a-d und nord VIII, 1 / 2 a-d) bestand jedoch noch länger Diskussionsbedarf, so dass sich deren Fertigstellung und damit auch der Einbau der Fenster insgesamt verzögerten.¹⁹ Letzterer fand schließlich zwischen dem 24. April und Pfingsten des Jahres 1911 statt – ausgeführt von Wilhelm Lottner, einem Glaser der Werkstatt Linnemann.²⁰

Mitte Juni 1911 kam es in Erfurt zu einem Ortstermin mit Begutachtung der bei Linnemann restaurierten Chorfenster durch den Konservator der Kunstdenkmäler Preußens, Hans Lutsch, den Provinzialkonservator Landesbaurat Robert Hiecke, den Regierungs- und Baurat von Busse sowie den damaligen Dompropst August Borggrefe. In dem von Lutsch verfassten Bericht vom 19. Juni 1911²¹ wird die Arbeit als „gut gelungen“ bezeichnet. Sie stünde „künstlerisch erheblich über den durch das Königliche Institut für Glasmalerei hergestellten Chorfenstern“. Diese, den Arbeiten des Berlin-Charlottenburger Institutes nicht ganz gerecht werdende Einschätzung zeigt wiederum, wie stark man auf die ästhetische Komponente insbesondere bezüglich der Ergänzungsfelder fixiert war.

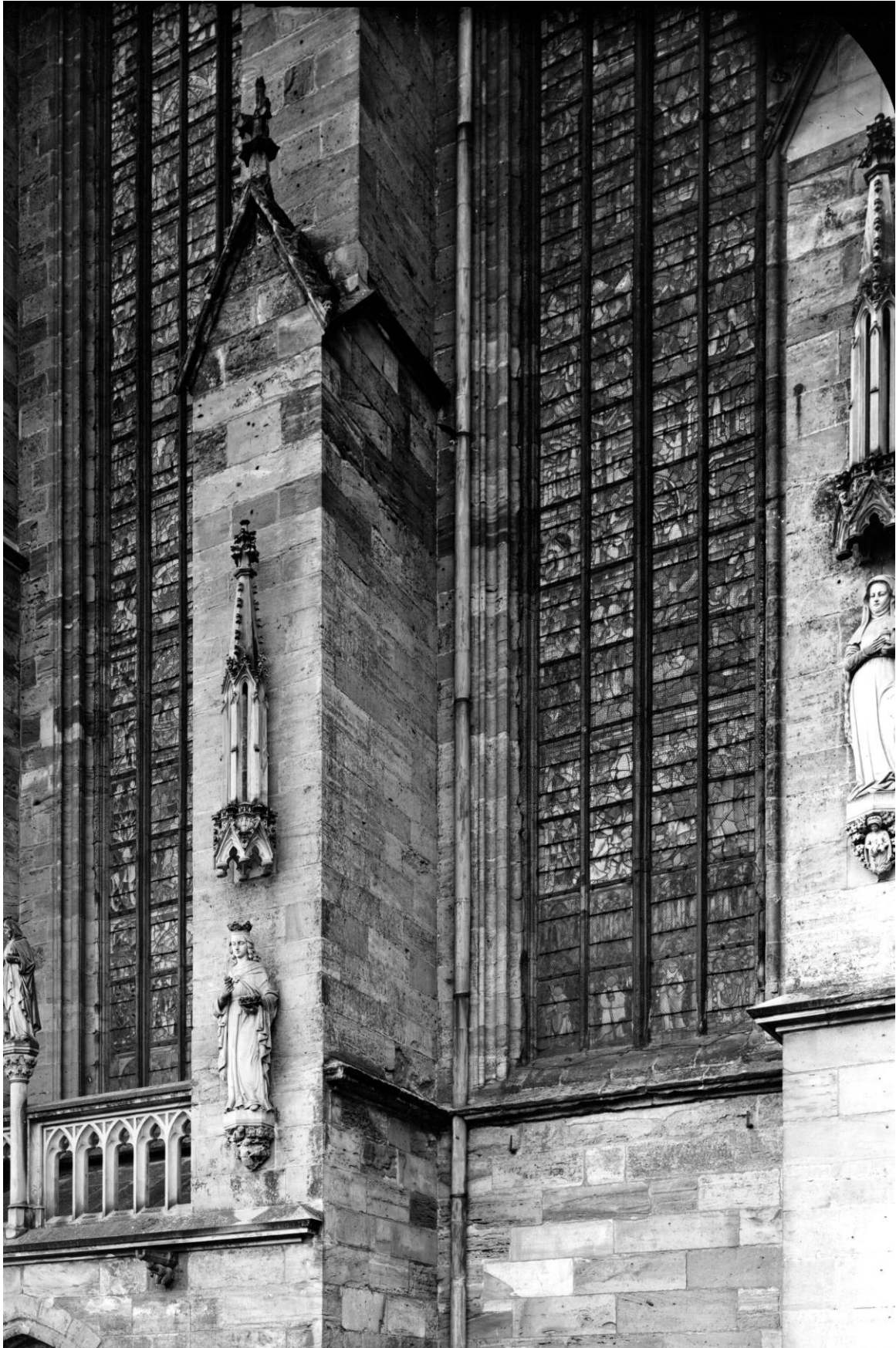


Abb. 1
Teilansicht der Fenster nord VI und nord VII (1887) mit Wetterstein auf der Außenseite

So werden technische Fragen oder spezielle Restaurierungsmethoden mit keinem Wort erwähnt. Umso ausführlicher sind störende Bereiche bei einigen dem Altbestand nicht genügend angepassten Ergänzungsfeldern bzw. neu eingebrachten Gläsern in „den früher instandgesetzten Fenstern“ aufgeführt. Sie betrafen die Maßwerkbereiche der beiden seitlichen Chorhauptfenster, einige Gläser des Chorscheitelfensters I, den unteren Bereich des Genesisfensters (süd II) und die a-Bahn des Josephfensters (süd V).²² Nach einem weiteren Besichtigungstermin am 10. November 1911 wird schließlich der Beschluss gefasst, die o. g. störenden Fensterpartien durch die Werkstatt Linnemann mittels „Nachtönung mit Ölfarbe“ dem Altbestand besser anpassen zu lassen.²³ Inwieweit dies auch umgesetzt wurde, geht aus den überkommenen Akten nicht hervor. Parallel dazu erfolgten ab 1904 bereits konkrete Überlegungen zu einer Neuverglasung der damals stilistisch, im Helligkeitswert, in seiner farblichen Erscheinung und im verwendeten Glas nunmehr als unpassend empfundenen Glasmalereien aus dem Jahre 1868 in den Chorfenstern süd VII und süd VIII.²⁴

2. Zur Verwendung von Zaponlack an den Erfurter Domfenstern

Über die Beweggründe, die Methode und den Umfang der durchgeführten Vorderseitenbehandlung mit Zaponlack schweigen die zeitgenössischen Quellen. In den gesamten Bauakten des Domes wie auch im weiterführenden Schriftverkehr ist nichts Näheres dazu zu erfahren.²⁵ Wie die Vorgängerverträge mit dem Königlichen Institut für Glasmalerei Berlin-Charlottenburg gibt auch der Vertragsentwurf (der „Spezial-Kostenvoranschlag I“) von 1904 zur Restaurierung der Domfenster nord IV – nord VIII keine Auskunft zur Retusche oder der Sicherungsmethode der Schwarzlotmalereien.²⁶ Lapidar heißt es hier unter Position I: „192 qm alte Glasmalerei zu restaurieren, die alten Teile sorgfältig unter pietätvoller Schonung der alten Malerei zu reinigen, die fehlenden Teile nach den bewährten Regeln der mittelalterlichen Technik zu rekonstruieren und auszuführen. Die neuen Ergänzungen im Charakter und in der Ausführung den alten vorhandenen Darstellungen anzuschliessen in gediegener Verbleiung unter Verwendung von Antikglas.“²⁷ Neben der technischen Umsetzung insbesondere der Neuverbleiung lag das Augenmerk offensichtlich vor allem auf dem Gelingen entsprechend stilgerechter und ästhetisch passender Ergänzungen. Dies legt auch die zwischenzeitlich erschienene Fachliteratur nahe, die auf die erfolgte, kaum wahrnehmbare Zaponlackbeschichtung nicht eingeht. So berichtete Joseph Ludwig Fischer in seinem 1912 erschienenen Aufsatz zum Helenafenster noch am ausführlichsten: „Die Fenster des Domes fanden während der verflossenen Jahre eine ausgezeichnete, sich nur auf unbedeutende Ergänzungen beschränkende Restauration durch die Glasmalerei Linnemann in Frankfurt.“²⁸ In gleiche Richtung zielt auch die vergleichsweise ausführliche Werkstattinschrift die sich bis in die späten 1940er Jahre im Feld nord VI, 1d befunden hat und die auf die Malschichtkonservierung nicht näher eingeht. Sie lautete: „Dieses Fenster sowie das / Helena-, Bonifacius- , / Eustachius- und Apostel- / fenster sind zusammenge- / stellt und ergänzt worden / [in den Jahren 1910-11 von O. Linnemann].“²⁹

Auch in den 1929 erschienenen Kunstdenkmälern der Provinz Sachsen werden die zwischen 1898 und 1911 vom Kgl. Institut Berlin-Charlottenburg und der Werkstatt Linnemann durchgeführten Arbeiten äußerst positiv eingeschätzt.

Helenafenster (auch Hl.-Kreuz-Fenster) nord VIII, Zeilen 1-4



Abb. 2
vor den Arbeiten Linnemanns (1908)

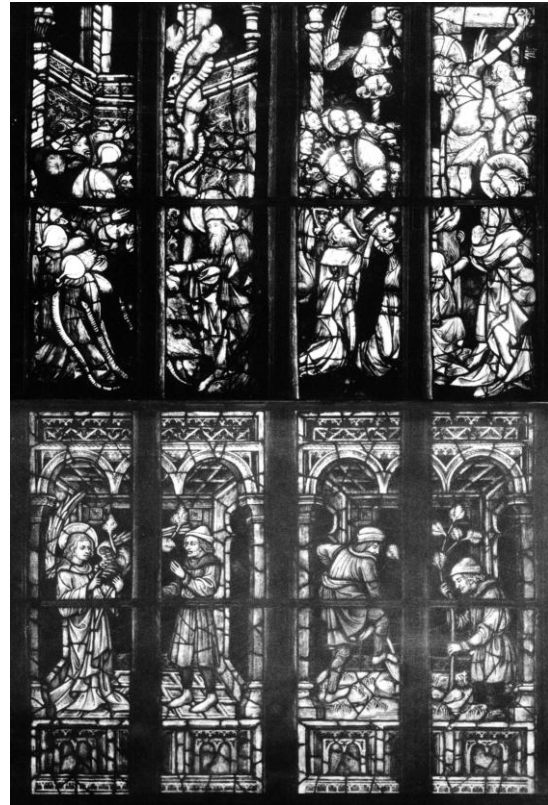


Abb. 3
nach den Arbeiten Linnemanns (1911)

Demnach sei die „Instandsetzung ...mit großem künstlerischen Takt und größter Schonung des alten Bestandes erfolgt“.³⁰ Erst mit der Registrierung nachfolgender Schäden vor allem im Zusammenhang mit dem kriegsbedingten Ausbau Ende 1940/ Anfang 1941 wird man auf den Überzug aufmerksam. Letzterer begann sich damals bereits in einer „filmähnlichen Schicht“ abzulösen (vgl. Abb. 5, 6, 10, 11, 14, 15, 17, 19).³¹ Noch im Herbst 1940 wird die Beschichtung vom Erfurter Architekten Dipl.-Ing. Theo Kellner, unter dessen Regie die mittelalterlichen Glasmalereien des Erfurter Domes kriegsgesichert wurden, behelfsmäßig als „Ölfarbschicht“ beschrieben.³² Erst durch eine Befragung desjenigen Glasmalers der Werkstatt Linnemann, der zwischen 1909 und 1911 die Arbeiten ausgeführt hatte, erfährt der mit der Kriegssicherung beauftragt gewesene Coburger Glasmaler Franz Weitzel Näheres. Demnach berichtete ihm der frühere, namentlich nicht näher bezeichnete Angestellte der Werkstatt Linnemann, dass man sich bei der Ergänzung abgewitterter Schwarzlotpartien zu Kaltretuschen entschloss, um ein Nachbrennen der mittelalterlichen Gläser und damit deren mögliches Eintrüben oder Verschwärzen zu vermeiden.³³ Zuvor wird auf eine diesbezüglich unglücklich verlaufene Maßnahme am Freiburger Münster verwiesen. Um dennoch die Haltbarkeit der Kaltretuschen zu gewährleisten, wurden diese „mit einem für die damalige Zeit beste[m] Fabrikat mit Zaponlack überstrichen“.³⁴ Der Glasmaler der Werkstatt Linnemann benennt damit das verwendete Farbfabrikat als Zaponlack, was spätere Untersuchungen in den 1980er Jahren durch Erhard Drachenberg und Wolfgang Müller bestätigten.³⁵ Obwohl aus

berufenem Munde, erscheint der Bericht in seinen weiteren Erklärungen doch stark tendenziell gefärbt zu sein. So hätte man in der Werkstatt schon damals durchaus gewusst, „das[s] dies Behelfsmittel früher oder später abplatzt“. Dadurch würden jedoch lediglich die neu aufgetragenen Kaltretuschen („die falsche Untermalung“ [sic]) abgelöst und „die altertümlichen Felder“ würden „ohne weitere Beschädigung“ wieder in den Zustand erscheinen, in dem sie vor 1910 waren.³⁶ Etwas ungläubig über diese Aussicht, wandte sich der Provinzialkonservator Hermann Giesau in einem Kurzschreiben abermals an Weitzel, um den möglichen Verlust auch von Originalmalerei zu hinterfragen: „Ich begreife allerdings auch heute noch nicht“, so Giesau, „dass wir noch damals“ (beim kriegsbedingten Ausbau), „als wir die Fenster gemeinsam besichtigten auf einigen Scheiben doch überhaupt keine alte Malerei mehr gefunden haben, nachdem wir die neuere von Linnemann als Haut heruntergezogen hatten.“³⁷ Darauf antwortete Weitzel, man hätte in der Werkstatt Linnemann lediglich Scherben überzogen, wo die mittelalterliche Glasmalerei durch Verwitterung bereits vollständig verloren gewesen und durch Kaltretuschen ersetzt worden wäre. Zur Bekräftigung fügte Weitzel hinzu, dass dadurch die mittelalterlichen Gläser, „wenn der Aufstrich entfernt wird“, wieder in den Zustand zurückversetzt werden würden, in dem sie „Linnemann vorgefunden hat“.³⁸ Dass dies nicht der Fall ist, zeigen das vorhandene Fotomaterial, die Erfahrungen der bei der Restaurierung der entsprechenden Fenster in den 1980er Jahren und nicht zuletzt die Untersuchungen im vorliegenden Projekt der Kulturstiftung des Bundes. Demnach beschränkte sich der Zaponlackauftrag keineswegs auf die Gläser mit Totalverlust mittelalterlicher Malerei bzw. auf Bereiche entsprechender Kaltbemalungen durch die Werkstatt Linnemann.³⁹ Stattdessen wurde vielmehr ein großer Teil der innenseitigen Oberfläche überzogen. Mitunter ist noch heute die Pinselstruktur in den vorhandenen Partien der Lackschicht zu erkennen. Heute noch vorhandene Reste von Zaponlack auf der Verbleiung legen nahe, dass diese Maßnahme nach der im Rahmen der Arbeiten erfolgten Neuverbleiung durchgeführt wurde.⁴⁰ Möglicherweise reagierte man mit dem großflächigen Überzug auch auf einen relativ weitgehenden Wettersteinabtrag und eine damit verbundene zu starke Lichtdurchlässigkeit der Felder. Dieser nicht von der Hand zu weisende Verdacht wurde bereits von Theo Kellner geäußert. Der für die kriegsbedingte Auslagerung der Glasmalereien im Winter 1940/41 zuständige Erfurter Diplomingenieur vermerkte diesbezüglich in seinem Bericht vom 5. November 1940 zur „Sicherung der Chorfenster des Erfurter Domes gegen Fliegergefahr“, man könne sich die „Erscheinung des Abblätterns... nur damit erklären, dass Herr Linnemann seinerzeit die stark eingedunkelten Fenster hat aufhellen wollen. Er hat vermutlich die Scheiben mit zu scharfen Mitteln behandelt. Als ihm die Fenster dadurch zu stark aufgehellert erschienen, hat er sie wohl von innen mit einer Ölfarbschicht eingedunkelt...“.⁴¹ Auch diese Vermutung lässt sich nicht genauer verifizieren. In der Forschung des ausgehenden 20. Jahrhunderts wird zumindest der Einsatz des Zaponlacks als ästhetischer Ausgleich des inhomogenen Bestandes erwogen.⁴² Erhard Drachenberg, Roland Möller und Wolfgang Müller vermuteten außerdem einen beabsichtigten Schutz vor späterer Nachkorrosion als eine der hinter dem Zaponlackauftrag stehenden Intentionen.⁴³

Schadensphänomene am Zaponlacküberzug (1932)



Abb. 4
Helenafenster nord VIII, 4d



Abb. 5
Katharinenfenster nord V, 5a



Abb. 6
Eustachiusfenster nord VI, 16c

Der o. g. Ausgleich in der Hell-Dunkel-Wirkung der unterschiedlich lichtdurchlässigen Gläser bzw. Glaspartien wäre jedoch nur über eine wie auch immer geartete Pigmentierung der Lackaufträge in den transparenteren Gläsern möglich gewesen. Um eine möglichst einheitliche Wirkung zu erzielen, hätte man sogar in unterschiedlichem Maße abdunkeln müssen. Auf den 1910/11 geschaffenen Ergänzungsfeldern der beiden unteren Zeilen ist der ursprünglich erzielte Grad der Transparenzminderung durch den Zaponlackauftrag noch relativ gut nachvollziehbar – hier jedoch durch glasmalerische Mittel bewerkstelligt. Demnach ist tatsächlich zu vermuten, dass nicht reiner Zaponlack verwendet wurde. Diese Beobachtung scheint auch durch die Nachzustandsaufnahmen der restaurierten Felder aus dem Jahre 1911 bestätigt zu werden, bei denen die mittelalterlichen Originale trotz erfolgter Reinigung im Durchlicht in ähnlichen bzw. nur wenig transparenteren Hell-Dunkel-Werten erscheinen wie die Ergänzungsfelder. Die auf den Bildern der 1930er Jahre noch besser zu sehende Transparenzminderung ist auch dort wohl kaum allein durch ein Nachdunkeln des Überzuges durch Vergilbung oder durch Staub- und Schmutzanlagerung zu erklären. Vielmehr wird man zumindest in weiten Bereichen abdunkelnde Zusätze bzw. Pigmentierungen vermuten müssen.⁴⁴ Gerade die Überstrahlungen in Rissbereichen der Lackschicht auf dem o. g. Bildmaterial der frühen 1930er Jahre verdeutlichen den erheblichen Helligkeitsunterschied (Abb. 6, 10, 13, 15, 17). Diese Vermutung deckt sich mit den Beobachtungen, die im Zuge der Restaurierungen am Bonifatiusfenster nord VII in den Jahren 2006-2008 und am Helenafenster nord VIII in den Jahren 2008-2010 gemacht wurden. Demnach scheinen Bereiche der noch vorgefundenen Zaponlackreste augenscheinlich tatsächlich pigmentiert gewesen zu sein.⁴⁵ Der Zaponlack überdeckte ursprünglich wohl flächig die Originalmalerei der Innenseite einschließlich vorgenommener

Kaltretuschen. Im Zuge der letzten Bearbeitung des Fensters nord V in den Jahren 1984/85 wurde festgestellt, dass hier z. T. Schwarzlotkonturen auch auf dem Zaponlack aufliegen.⁴⁶



Abb. 7, 8 Apostelmartyrienfenster nord IV, 8c (links 1931, rechts 1990). Durch Zaponlack verursachte Schäden an den Schwarzlotmalereien

Die durch den Zaponlackauftrag letztendlich verursachten Malschichtverluste sind um so bedauerlicher, da sich die Nordseitenfenster nord IV – nord VIII im Vergleich zu den damals schon stärker geschädigten und in ihrer Restaurierung auch zuerst in Angriff genommenen Südseitenfenstern bzw. Ostfenstern der Chorverglasung offensichtlich in einem noch vergleichsweise besseren Erhaltungszustand befunden zu haben scheinen. Dies zumindest besagt der Erläuterungsbericht mit Kostenvoranschlag an das Kulturministerium in Berlin vom 4. Dezember 1904. Darin heißt es, „...Im übrigen sind die alten Verglasungen der 5 Fenster [nord IV – VIII] noch gut erhalten; nur die Bleie sind so dünn geworden, daß eine gründliche Instandsetzung unvermeidlich ist, um die Fenster vor gänzlichem Verfall zu schützen“.⁴⁷ Ob sich diese Einschätzung auch tatsächlich auf die Schwarzlotmalerei und nicht vielmehr auf die vergleichsweise wenigen nötigen Ergänzungsgläser bezogen hat, wird nicht ganz deutlich.



Abb. 9-12 Schadensentwicklung am Zaponlacküberzug, Apostelmartyrienfenster nord IV, 6c:
oben rechts: Abb. 9 (1911), o. l.: Abb. 10 (1932), u. l.: Abb. 11 (1941), u. r.: Abb. 12 (1990)

Mit Sicherheit handelte die Werkstatt Linnemann nicht verantwortungslos, als sie das Fabrikat Zaponlack - ein vielversprechendes neues Mittel - einsetzte. Erstnötig geworden war eine solche Sicherung ja dadurch, dass die Werkstatt das gefährliche Nachbrennen der alten Gläser umgehen wollte. Hier war man aus denkmalpflegerischer Sicht schon einen Schritt weiter als das zwischen 1899 und 1901 an den Südseitenfenstern des Erfurter Domes tätige Kgl. Institut für Glasmalerei Berlin-Charlottenburg, das seine vorgenommenen Retuschen offenbar einbrannte. Auch der schon genannte Verzicht auf Sprungbleie bzw. Bleischalen in ästhetisch wichtigen Bereichen, wie den Gesichtern von Heiligen und stattdessen der Verwendung von Doublierungsgläsern bereits zu einem solch frühen Zeitpunkt, ist ein weiterer Beleg für den vergleichsweise sensiblen und einfühlsamen Umgang der Werkstatt mit der Originalsubstanz.

3. Zum Einsatz des Mittels Zaponlack in der Glasmalereirestaurierung des frühen 20. Jahrhunderts

Über die Gründe, warum die Werkstatt Linnemann Zaponlack verwendete und nicht auf einen der anderen üblichen Lacke zurückgriff, lässt sich nur spekulieren. Im Jahre 1896 hatte die Frankfurter Werkstatt eine Festigung loser mittelalterlicher Schwarzlotpartien auf dem Fenster nord IV der Erfurter Predigerkirche mit einem nicht näher spezifizierten Klebemittel versucht.⁴⁸ Fehlstellen in der Originalmalerei wurden teilweise mittels Kaltmalerei retuschiert. In anderen Bereichen des Fensters wiederum sind die nachgemalten Gläser gebrannt worden. Die kalt übermalten Partien sollen dabei „mit einer muttierenden Schutzschicht zur Festigung des Lots und [zum] Ausgleich der unterschiedlichen Teile“ überzogen worden sein.⁴⁹ Ob es sich dabei bereits um Zaponlack handelte, bleibt offen. Jedenfalls scheint es bei übermalten und nachgebrannten Gläsern Schwierigkeiten bezüglich der Haftung der Retuschen gegeben zu haben, wie auf der Tagung der Provinzial-Denkmal-Commission am 25. Februar 1897 berichtet wird. Stellenweise hätte man die Übermalungen wieder „abheben“ können.⁵⁰ Die Haftungsschwierigkeiten wurden damals auf die fehlende Verbindung zwischen dem neuen Schwarzlot und den „Jahrhunderte alten, der Witterung ausgesetzten Gläsern“ zurückgeführt.⁵¹ Möglicherweise hatte man in diesem Zusammenhang bessere Erfahrungen mit Kaltretuschen und deren Sicherung durch einen wie auch immer gearteten Schutzüberzug gemacht.

Auch bei der im Jahre 1898 durchgeführten Restaurierung des Erfurter Genesisfensters süd II scheint die Werkstatt Linnemann einen festigenden Überzug verwendet zu haben. Ob die heute auf dem Fenster noch in Resten vorhandenen lackartigen Beläge jedoch tatsächlich auf die Restaurierung von 1898 zurückgehen, wäre noch näher zu überprüfen. Sie können auch durchaus von späteren Maßnahmen, insbesondere denjenigen der 1940er Jahre stammen.⁵²

In welchem Maße sich die Werkstatt Linnemann in der Zeit kurz nach 1900 schützender Überzüge für Kaltretuschen an restaurierten mittelalterlichen Beständen bediente, bedarf einer umfangreichen Aktenrecherche zu den einzelnen Objekten bzw. entsprechender Materialuntersuchungen.⁵³ Drachenberg und Müller brachten in einer Publikation aus dem Jahre 1986 damals nur noch partiell vorhandene aufgerollte Reste eines Überzugs auf den Scheiben der St. Blasius-Kirche zu Mühlhausen mit der Werkstatt Linnemann in Verbindung.⁵⁴

Letztere hatte den Bestand in den Jahren 1901 bis 1904 restauriert.⁵⁵ Ob es sich hierbei um Zaponlack handelt, wird explizit nicht gesagt, wohl aber vermutet. Gleiches gilt für die mittelalterlichen Glasmalereien der Stendaler Jakobikirche, die in der Werkstatt Linnemann zwischen 1899 und 1901 noch unter Prof. Alexander Linnemann als Geschäftsführer restauriert wurden. In dem dort zu findenden Überzug vermutete Karl-Joachim Maercker ebenfalls Zaponlack.⁵⁶

Bei Zaponlack handelt es sich um ein aus Kollodiumwolle, einer nitrierten Baumwolle, unter Verwendung von Amylacetat als Quellmittel, Aceton oder Ester als Lösungsmittel und hochsiedenden Kohlenwasserstoffen oder Alkoholen als Weichmachern hergestelltes synthetisches Produkt.⁵⁷ Es wurde um 1880 in den USA entwickelt und fand seit etwa Ende des 19. Jahrhunderts auch zunehmend in Europa Verwendung.⁵⁸ Damit war es eines unter mehreren natürlichen und synthetischen Lack-Fabrikaten, die aus den o. g. Gründen um 1900 in der Glasmalereirestaurierung Verwendung fanden. Verwiesen sei in diesem Zusammenhang z. B. auf verschiedene Ölharzlacke, Kopal- oder Asphaltlack. Offenbar war Zaponlack sogar der erste künstlich erzeugte Lack.⁵⁹

Inwieweit bzw. in welchem Maße sich neben der Werkstatt Linnemann am Anfang des 20. Jahrhunderts auch noch weitere Werkstätten des neuen Mittels bedienten, bedarf ebenfalls weiterführender Untersuchungen.⁶⁰ An den mittelalterlichen Glasmalereien der Elisabethkirche Marburg setzte Glasmaler Lorenz Matheis (Frankfurt/ M.) noch 1949 Zaponlack ein.⁶¹ Andere von ihm bearbeitete Bestände, wie z. B. in den 1950er Jahren in der Stadtkirche zu Hersfeld, lassen dies ebenfalls vermuten.⁶² Noch heute wird das mittlerweile verbesserte, oft mit unterschiedlichen Harzen gemischte Produkt Zaponlack in anderen Bereichen der Restaurierungsbranche zum Schutz von Oberflächen bzw. als Fixiermittel eingesetzt.⁶³

4. Zur Schadensentwicklung an den Zaponlackbeschichtungen der Erfurter Domchorfenster und dem restauratorischen Umgang mit der Beschichtung

Wie nicht anders zu erwarten, sind auf den Nachzustandsaufnahmen der Werkstatt Linnemann, die unmittelbar nach Abschluss der Maßnahmen im Jahre 1911 entstanden sind, noch keine Schäden an der Zaponlackbeschichtung zu sehen.⁶⁴ Auch wenn die geringe Größe der Aufnahmen kaum detaillierte Betrachtungen zulassen, sind aufgebrochene Bereiche mit Überstrahlungen nicht offensichtlich. In der Literatur werden etwaige Schäden ebenfalls nicht erwähnt – so auch nicht in der Ende der 1920er Jahre erfolgten kunsthistorischen Aufarbeitung des Bestandes im Rahmen der Inventarisierung der Kunstdenkmale der preußischen Provinz Sachsen.⁶⁵

Noch nicht thematisiert, aber bereits ersichtlich werden Schäden unterschiedlichen Ausmaßes bei der fotografischen Erfassung des Bestandes durch das Bildarchiv Foto Marburg im Jahre 1932.⁶⁶ Deutlich sind hier bereits zahlreiche Aufbrüche der Zaponlackschicht und partiell auch flächige Verluste zu sehen (vgl. Abb. 5, 6, 10, 13, 15, 17). Genauere Aussagen über die Verteilung der Schadensgrade unter den fünf betroffenen Fenstern bzw. innerhalb der einzelnen Fenster selbst sind auf Grund der Unvollständigkeit der Aufnahmen kaum möglich.⁶⁷ Den vorliegenden Fotos zufolge erscheint das damalige Schadensbild

relativ diffus (Abb. 4-6), so dass keine differenzierteren bzw. weiter reichenden Schlussfolgerungen möglich waren. Es überwiegen insgesamt Schadensphänomene mittleren Ausmaßes, d. h. mehr oder weniger große Aufrisse der Lackschicht. Während z. B. in nord V die zweite Zeile vergleichsweise gut erhalten scheint, ist die Reihe 5 relativ stark geschädigt. Meist variieren die Schäden innerhalb die Fenster von Feld zu Feld. Stärkere Schäden mit flächigen Ablösungen finden sich insbesondere in Scheiben der Fenster nord IV und nord V. Insgesamt scheinen 1932 das Fenster nord VI und wohl auch nord VII und nord VIII besser erhalten gewesen zu sein als nord IV und nord V, wobei nord IV gegenüber nord V zumindest in der unteren Fensterhälfte augenscheinlich nochmals einen schlechteren Erhaltungszustand aufweist.



Abb. 13, 14 Apostelmartyrienfenster nord IV, 14b: links 1932, rechts 1941. Schadensentwicklung am Zaponlacküberzug – unterschiedliche Dynamik

Mit dem kriegsbedingten Ausbau der Rechteckfelder der mittelalterlichen Chorverglasung durch die Coburger Werkstatt Franz Weitzel im Winter 1940/41 wurde man schließlich auf die Schäden aufmerksam und begann mit der Ursachenforschung (vgl. oben). Der für die kriegsbedingte Aus- und Einlagerung zuständige Erfurter Architekt Theo Kellner vermerkte diesbezüglich in seinem Bericht vom 5. November 1940 zur „Sicherung der Chorfenster des Erfurter



Abb. 15, 16 Bonifatiusfenster nord VII, 4b Detail: links 1932, rechts 1958

Domes gegen Fliegergefahr“: „Mit dem Herausnehmen der Fenster ist sofort nach Auftragserteilung am 15. Oktober 40 begonnen worden..... bei den zwei zuletzt herausgenommenen Fenstern (Apostelfenster) [gemeint sind offenbar nord IV und nord V], welche die ersten Fenster der im Jahre 1910-14 von Otto Linnemann restaurierten Gruppe von fünf Fenstern sind, hat sich herausgestellt, dass die Zeichnung in einer filmähnlichen Schicht auf den Gläsern sitzt, welche starke Neigung zum Abblättern zeigt. Das erste dieser schadhafte Fenster wurde Herrn Baurat Dr. Schuster gezeigt und gab in seiner Schadhaftigkeit noch nicht Grund zu grosser Besorgnis, da man annehmen konnte, dass die Schäden im wesentlichen an ergänzten Teilen auftraten. Beim nächsten Fenster aber mussten wir feststellen, dass fast das ganze Fenster diese Eigenschaften zeigte. Infolgedessen haben wir – im Einverständnis mit Herrn Provinzialkonservator Prof. Dr. Giesau – mit dem herausnehmen der von Otto Linnemann restaurierten Fenstergruppe aufgehört, so dass hiervon noch drei Fenster an Ort und Stelle verblieben sind. Die zwei anderen sind sorgfältig herausgenommen und einzeln aufgestellt worden. [Es folgen die bereits oben zitierten Mutmaßungen über die Aufhellung und anschließende Beschichtung mit „Ölfarbe“] Diese Schicht ist durch die Jahre verwittert und beginnt sich jetzt abzulösen, so dass zum Teil unter ihr die klare Farbscheibe ohne jede Zeichnung erscheint. Das ist namentlich bei den neu ergänzten Stücken der Fall. Bei den alten Scheiben scheint die Zeichnung wenigstens zum grossen Teil eingebraunt und unbeschädigt zu sein. Allerdings haben wir die Befürchtung, dass die Zeichnung der mittelalterlichen Scheiben auch gefährdet ist. Jedoch möchten wir hierüber kein Urteil abgeben, sondern

diese Feststellung den Fachleuten überlassen. Aber selbst bei der Annahme, dass nur die Linnemannschen Ergänzungen in Gefahr sind ihre Zeichnung zu verlieren, besteht die Sorge, dass damit der Anhaltspunkt für die ursprüngliche Zeichnung verschwindet, denn es ist anzunehmen, dass Linnemann damals noch seine Zeichnung auf vorhandenen Bruchstücken aufgebaut hat.“⁶⁸

Im Zuge des Ausbaus der Rechteckfelder zwischen Oktober 1940 und März 1941 (hauptsächlich im November 1940) wurde der Bestand von Wilhelm Thormann abermals fotografiert.⁶⁹ Der Vergleich mit den Fotos von 1932 zeigt in der Regel keine größeren Veränderungen innerhalb dieser 8 Jahre. Dennoch ist ein Fortschreiten der Schadensprozesse an vielen Scheiben zu registrieren. In einer Anzahl von Fällen (wie z. B. bei nord IV, 6c, 8c, 14b oder nord V, 2a, 14b, 16b und 18d) sind die Veränderungen schon erheblich (vgl. Abb. 10, 11, 13, 14). Der im Winter 1940/41 mit dem Ausbau, kleineren Reparaturarbeiten und der Einlagerung der Glasmalereien in den Kellerräumen unter der Krypta beauftragte Glasmaler Franz Weitzel führte zwar auch Übermalungen an einzelnen Gesichtern durch, scheint den noch vorhandenen Zaponlack aber nur an wenigen Stellen – vielleicht probeweise – abgenommen zu haben (Abb. 17, 18). Mit welchen Mitteln und Methoden dies geschah, ist nicht überliefert. Aus einem Schreiben vom 1. April 1941, als die Einlagerung bereits abgeschlossen war, geht hervor, dass an den „Fenstern, welche bei der letzten Restaurierung nicht sachgemäss behandelt worden sind und über die noch keine Stellungnahme vorliegt,... laut Entscheid der Denkmalpflege auch die kleinen Beschädigungen nicht beseitigt werden“ sollen.⁷⁰ Vielmehr wird stattdessen der damalige Laborleiter des Doerner-Instituts in München, Dr. Richard Jacobi, mit der Erstellung eines Gutachtens über ein mögliches Verfahren zur Behandlung der Zaponlackschäden beauftragt.⁷¹ Jacobi selbst ist nach Rückfrage Ende der 1940er Jahre der Meinung, ein solches Gutachten noch Ende 1940 erstellt zu haben.⁷² Es ließ sich damals jedoch nicht mehr auffinden. In diesem Zusammenhang jedenfalls werden ohne Kenntnis und Mitwirkung des inzwischen zum Wehrdienst eingezogenen Jacobi anschließend Probearbeiten an drei Originalfeldern des Erfurter Domes (an nord IV, 3b, 14a und 17a) durchgeführt. Dazu gelangen die Scheiben Anfang 1941 über München nach Naumburg an die Dombauhütte⁷³, wo die Maßnahmen vom dortigen Glasmaler Hans Zörn und dem Kunstglaser Martin Bauer ausgeführt werden. Wahrscheinlich wurden die Glasmalereien in Naumburg gereinigt und für weitere Maßnahmen vorbereitet.⁷⁴ Den Akten des Doerner-Instituts zufolge scheinen die entsprechenden wissenschaftlichen Begleituntersuchungen statt von Jacobi vielmehr von Josef Oberberger⁷⁵ und zwar ab Anfang Februar 1941 noch in München durchgeführt worden zu sein.⁷⁶ Welche Methode Oberberger zur Entfernung des Zaponlackes vorgeschlagen hat, wissen wir durch das Fehlen auch seines Gutachtens bzw. seiner Stellungnahme nicht. Vielleicht hat er eine Abnahme mittels Kieselflourwasserstoffsäure und das Nachspülen mit Wasser erwogen – wie es Jacobi in einer Publikation des o. g. in Zusammenarbeit mit Prof. Max Doerner und Prof. Toni Roth (Doerner-Institut München) bzw. dem Glasmaler Josef Oberberger entwickelten Doublierungsverfahrens vorschlug.⁷⁷ Möglicherweise sollte die Doublierung aber auch ohne vorherige Lackentfernung erfolgen.



Abb. 17, 18 Helenafenster (auch Hl.-Kreuz-Fenster) nord VIII, 3d: links 1932, rechts: 1941
 Maßnahmen am Zaponlacküberzug: Werkstatt Fritz Weitzel, Coburg (1940/41). Partielle Entfernung, wohl mechanisch

Die Münchner bzw. Naumburger Versuche scheinen zunächst vielversprechend gewesen zu sein. Zumindest berichtet der schon mehrfach erwähnte Theo Kellner in einem Brief vom 28. Januar 1942 an die Domgemeinde, dass es auf Grund der Tests „...möglich sein wird, die Fenster zu retten“. Gleichzeitig betonte er, dass es „sehr wünschenswert“ wäre, „wenn die Arbeiten, die vermutlich lange Zeit in Anspruch nehmen werden [noch] während des Krieges durchgeführt werden könnten“.⁷⁸

In die Untersuchung des Phänomens der Zaponlackablösung wird selbst der Provinzialkonservator der preußischen Kunstdenkmäler Prof. Dr. Hermann Giesau persönlich einbezogen.⁷⁹ Letzterer begutachtete im Herbst 1942 die am Erfurter Dom ausgelagerten Scheiben.⁸⁰ Seine Einschätzung war wohl ernüchternder. Die Glasmalereien hatten dem Glasmaler Weitzel zufolge auf Giesau einen „so schädlichen Eindruck gemacht“, dass bei dem Denkmalpfleger „eine grosse Unzufriedenheit“ über den Tatbestand herrschte und ihm die Glasmalereien nunmehr als fast wertlos erschienen.⁸¹

Die beiden o. g. Naumburger Glasmaler wurden zum Militärdienst eingezogen und blieben im Krieg verschollen. Damit zerschlugen sich zunächst sowohl die

Sicherung der Glasmalereien des Naumburger und mithin auch des Erfurter Domes mit dem in Naumburg probeweise praktizierten Verfahren, welches wohl eine flächige Doublierung der Originalgläser mit einer erwärmten Kunststoffolie aus Acrylsäureester und einem Deckglas in erneuertem Bleiverbund vorsah.⁸² Die drei ausgebleiten Erfurter Felder, die bis dato in einem Naumburger Luftschuttkeller lagerten, wurden schließlich am 10. Juni 1949 zurück an den Erfurter Dom überführt, wo sie am 23. Juni durch Franz Breitenstein neu verbleit wurden.⁸³

In einem am 5. Juli 1946 verfassten Gutachten über die Schäden und die nötigen Maßnahmen am Dom und an der Severikirche zu Erfurt geht der Berliner Ministerialdirigent Robert Hiecke in einem längeren Abschnitt auch explizit auf die Zaponlackschäden an den Glasmalereien ein, denen er große Bedeutung zumisst.⁸⁴ Dort heißt es: „Das weitaus schwierigste Problem stellt bei der im übrigen ohne weiteres lösbaren und natürlich dringlichen Wiederherstellung der Verglasungen der Zustand der seiner Zeit gegen Fliegerangriffe geborgenen und dem vernehmen nach unbeschädigt erhalten gebliebenen Glasmalereien des Chores [dar]. Bei der vor mehreren Jahrzehnten erfolgten Instandsetzung dieser ... überaus wertvollen Verglasungen sollen Schwarzlot-Ergänzungen vorgenommen worden sein, die im Laufe der Zeit sich mehr oder minder abgelöst haben oder in absehbarer Zeit zu lockern drohen. Ein Nachbrennen alter Scheiben ist ausgeschlossen.“ Einen konkreten Konservierungsvorschlag hatte Hiecke jedoch auch nicht parat. So fuhr er in seinem Schreiben fort: „Welches Verfahren im vorliegenden Falle gewählt werden kann, um nach Möglichkeit dem weiteren Verfall vorzubeugen und die für den Gesamteindruck so wichtigen Modulationen, die durch den Schwarzlotauftrag gebildet werden, zu wahren, ist eine technisch wie künstlerisch äußerst schwere Frage, die mir unter Hinzuziehung der besten erreichbaren Special-Sachverständigen, in erster Reihe etwa des Professors Oberberger in München, beantwortet werden kann.“ Darüber hinaus wollte sich der Berliner Denkmalpfleger „angesichts der ganz besonderen Bedeutung dieser Frage und der Kunst- und Alterswerte, die hier auf dem Spiele stehen, vorbehalten, noch nähere Vorschläge für die weitere Behandlung zu machen.“ Weitere Vorschläge sind jedoch nicht überliefert.

Nach Reparaturen am beschädigten Maßwerk der Domchorfenster in der unmittelbaren Nachkriegszeit werden die ausgelagerten mittelalterlichen Glasmalereien in der Zeit zwischen März 1947 und Oktober 1949 schließlich notdürftig repariert, gereinigt und wieder eingebaut. Die Arbeiten führten der Erfurter Kunstglasermeister Franz Breitenstein und sein Gehilfe Willi Dölle in einer am Dom provisorisch eingerichteten Werkstatt aus.⁸⁵ Am 15. bzw. 16. September 1946 werden die ersten Glasmalereien der kriegsgesicherten Glasmalereien ausgepackt, in das Kapitelshaus gebracht und von Franz Breitenstein und Dompropst Freusberg begutachtet.⁸⁶ Das erste fertig gestellte Fenster, vermutlich das so genannte Tiefengrubfenster süd VI, wird am 10. und 11. Juli 1947 wieder eingesetzt.⁸⁷ Die Arbeiten zur Wiedereinfügung des letzten bearbeiteten Fensters, des Helenafensters nord VIII, finden zwischen dem 15. und 20. Oktober 1949 statt.⁸⁸

Mit einiger Sicherheit haben die Glasmalereien in den Jahren seit ihrem Ausbau weitere Schäden am sich ablösenden Zaponlack erfahren - sei es durch das feuchte Klima im Lagerraum unter der Krypta⁸⁹, durch das Hantieren beim Verpacken und Herausnehmen der Felder oder bei den Maßnahmen selbst.

Ein Vergleich des umfangreichen Bildmaterials zu den Erfurter Domchorscheiben aus den Jahren 1940/41 und der Zeit zwischen 1958 und 1960 lässt vermuten, dass bei den Arbeiten der späten 1940er Jahre ein nicht geringer Teil des noch vorhandenen Zaponlacküberzugs entfernt wurde (vgl. Abb. 19, 20). Wenn der bauleitende Architekt am Erfurter Dom Rudolf Stein in einem Zeitungsinterview nach Abschluss der Arbeiten äußert, die Glasmalereien des Hohen Chores seien „...von einer häßlichen Lackschicht gereinigt“ worden, „die ihnen allen Glanz genommen hatte“⁹⁰, so wird damit die Linnemannsche Beschichtung gemeint gewesen sein. Mit welchen Mitteln und Methoden dies geschah, bleibt im Dunkeln. Es ist davon auszugehen, dass mechanische Hilfsmittel benutzt wurden.

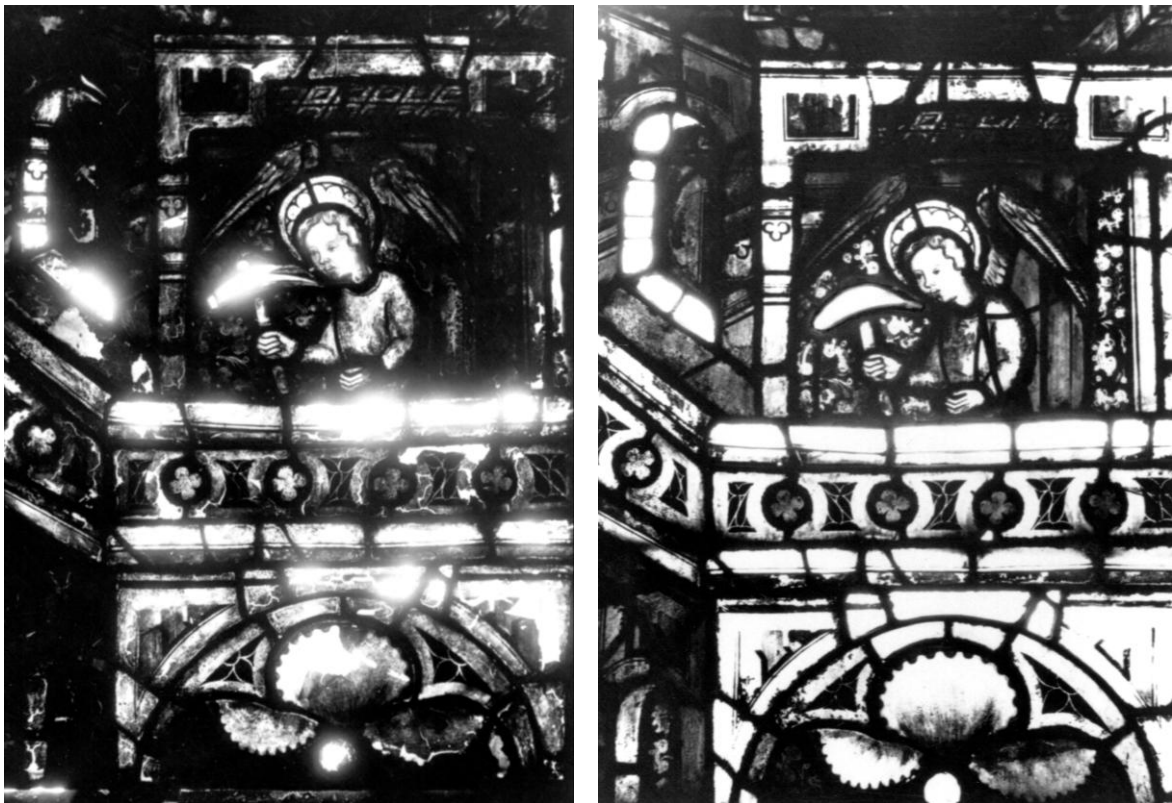


Abb. 19, 20 Katharinenfenster nord V, 11d: links 1941, rechts: 1960. Maßnahmen am Zaponlacküberzug: Franz Breitenstein und Willi Dölle, Erfurt (1947-1949); partielle Entfernung, wohl mechanisch

Der Einsatz von Chemikalien ist eher unwahrscheinlich.⁹¹ Die Nordseitenfenster wurden wohl nicht zuletzt auf Grund der Zaponlackproblematik in den späten 1940er Jahren als letzte der Chorfenster behandelt und wieder eingesetzt. Schon die kurze Zeit und die materiellen Umstände der umfangreichen Gesamtmaßnahmen sowie deren Bewältigung durch nur zwei Personen ließen kaum Spielraum für einen aus konservatorischer Sicht angemessenen Umgang mit der Problematik. Auch zeigt das vorhandene Bildmaterial der Zeit um 1960, dass die Zaponlackbeschichtung in unterschiedlichem Umfang und bei weitem nicht vollständig abgenommen wurde, wie dies die angeführte Aussage von Rudolf Stein suggeriert.

Aus Fotos der Jahre um bzw. kurz vor 1960 kann außerdem geschlussfolgert werden, dass zumindest an einzelnen wenigen Feldern auch in dieser Zeit eine

Abnahme von Zaponlackpartien stattgefunden haben muss (vgl. Abb. 21, 22). Vermutlich wurden diese Arbeiten von Heinz Hajna (Erfurt) und wiederum unter Verwendung mechanischer Mittel ausgeführt.



Abb. 21, 22 Bonifatiusfenster nord VII, 4b Detail: links 1958, rechts: 1960. Partielle Abnahme des Zaponlacküberzugs durch Heinz Hajna, Erfurt (um 1959); wohl ebenfalls mechanisch

Eine intensivere Beschäftigung mit dem Phänomen fand nach der Kriegs- und unmittelbaren Nachkriegszeit erst wieder in den 1980er Jahren statt. Sie steht im Zusammenhang mit einer abermaligen Gesamtrestaurierung des Bestandes einschließlich der Sicherung der Glasmalereien durch eine Außenschutzverglasung seit dem Jahre 1978.⁹² In den zurückliegenden Jahrzehnten hatten die vor allem durch erhöhte Umweltbelastung verursachte Glaskorrosion und mithin auch die Malschichtschäden solche Ausmaße angenommen, dass dringender Handlungsbedarf bestand.⁹³ Demgegenüber bildeten die noch verbliebenen Zaponlackauflagen zwar kein nachgeordnetes, aber eben nur ein Problem unter mehreren. Mit der Gesamtbearbeitung der Rechteckfelder des Fensters nord V in den Jahren 1984/85 stand der Umgang mit den noch vorhandenen Zaponlackresten jedoch endgültig auf der Tagesordnung.⁹⁴ Eine erste Besichtigung vom Gerüst aus verdeutlichte die damit zusammenhängende Problematik der Malschichtschäden. Es wurde festgestellt, dass die Schwarzlotmalerei „nur noch lose an der Oberfläche“ haftet, „z. T. trennt sie sich mit den Überzügen der Restaurierung von 1909/11, wohl Zaponlacke, in ganzen Bahnen ab“.⁹⁵ Auf den noch komplett vorhandenen Vorzustandsfotos der Felder, die als Dokumentationsgrundlage für die Schadenskartierung dienten, sind umfangreiche Malschichtschäden zu erkennen. Sie waren neben einer

fortschreitenden Korrosion auch den Spannungen geschuldet, die die aufliegenden Zaponlackreste verursacht hatten (Abb. 23-25).⁹⁶ „Es wurde besprochen, dass die Herausnahme der Scheiben nur nach einer ersten Festigung des Schwarzlotes in situ vom Gerüst, eventuell mit Hilfe von Aufsprüh-



Abb. 23 nord VIII, 8a (Zustand 1988)



Abb. 24 nord VIII, 19d (Zustand 1988)

verfahren, erfolgen darf. In der Werkstatt sollen weitere Versuche mit verschiedenen Mitteln zur Lösung der Zaponlacküberzüge durchgeführt werden.“⁹⁷ Im Sommer 1984 wird zunächst beschlossen, die Problematik in der praktischen Restaurierung differenziert anzugehen: „bei Gesichtern und Händen soll die originale Zeichnung auf jeden Fall mit allen Verschmutzungen und Überzügen“ erhalten und ggf. gefestigt werden. Aufgerollte bzw. lose Zaponlackpartien sind „vorsichtig abzunehmen“, während in Partien mit noch fest haftender Zaponlackbeschichtung in denen keine Schädigung der Originalmalerei zu befürchten ist, der Zaponlack zu lösen oder zumindest auszudünnen sei.“⁹⁸ Nachdem die Anquell- und Lösungsversuche des Zaponlacks sich schwierig gestalteten, wurde das Vorgehen insofern korrigiert, als nunmehr die Festigung der originalen Konturzeichnung (mit Zaponlack und Verschmutzungen) über die Gesichter und Hände hinaus auf alle Bereiche ausgedehnt werden soll, „bei denen die Existenz von Schwarzlotmalerei angenommen wird. Nicht zu vermeiden

sind indes Verluste von Lasuren und Halbtonlagen, die in die Korrosionsschicht eingebettet sind und sich mit dieser im Verbund bei der Reinigung lösen“.⁹⁹ Letzteres betraf insbesondere die Partien mit sich flächig lösenden Zaponlackresten. Scheiben mit fest haftendem Zaponlackauftrag wurden in der Bearbeitung zunächst zurückgestellt.



Abb. 25, 26 Apostelmartyrienfenster nord IV, 6b: links 1990 vor der Bearbeitung, rechts nach der Konservierung im Jahre 1990. Partielle Entfernung des Zaponlacks mit Pinzette/ Sicherung mit Bienen- und Carnaubawachs, Matthias Jähn und Thomas Glaß, Erfurt

Parallel zu den laufenden Arbeiten am Bestand wurde die Problematik auch naturwissenschaftlich untersucht, zumal nach wie vor noch keine tragbaren Lösungen vorlagen und das Phänomen noch immer eine Ursache für Malschichtschäden darstellte.¹⁰⁰ Resümierend wurde damals festgestellt, dass die Behandlung der untersuchten Materialien, bei denen es sich „offenbar um organische Lacküberzüge handelt... viel Fingerspitzengefühl“ erfordere, zumal sie mit „Schwarzlotresten versetzt sind“. „Sie können“ – so die damalige Empfehlung – „je nach Zustand mechanisch abgenommen, durch geeignete Mittel (wie mit niedrig konzentrierten Ätherkompressen, mit warmem Wasser oder anderen leichten Lösungsflüssigkeiten, mit Aceton oder kaltem Terpentinöl) abgelöst oder, sofern sie noch plan auf der Glasoberfläche haften, zumindest verdünnt werden.“¹⁰¹ Insbesondere hatte sich der probeweise Einsatz von Aceton am Katharinenfenster bewährt.¹⁰² In der praktischen Umsetzung stieß die Anlösung der Zaponlackpartien jedoch auf restauratorische Schwierigkeiten¹⁰³, was letztendlich dazu führte, dass eine chemische Behandlung dieser Partien auch bei

den folgenden Fenstern unterblieb.¹⁰⁴ Da nicht wenige Bereiche des Zaponlacks auf Malerei auflag, die entweder lose war oder über deren Festigkeitsgrad nur spekuliert werden konnte und andere Partien wiederum mit Korrosion vermischt und dadurch kaum unterscheidbar waren, ließen sich die o. g. naturwissenschaftlichen Erkenntnisse in der Praxis nur bedingt umsetzen.¹⁰⁵ Eine Entfernung des Zaponlackes erfolgte deshalb in der Regel mit Pinzette¹⁰⁶ und zwar nur in solchen Bereichen, wo er eindeutig zu identifizieren und ohne die Befürchtung von Malereiverlusten abzunehmen war. Wo das Material auf (oft loser) Malerei auflag, wurde es in der Regel mittels Bienen- und Carnaubawachs (50:50 in Testbenzin) mitgesichert (Abb. 25, 26). Hier überwog der Aspekt der Erhaltung der Originalsubstanz gegenüber möglichen Teilerfolgen bei der Abnahme des Lackes. Die Arbeiten fanden in einer wiederum eher provisorisch eingerichteten Glaswerkstatt am Erfurter Dom statt.



Abb. 27 Detail aus nord VIII mit aufliegenden, sich abhebenden Zaponlackresten (2009)



Abb. 28 Detail aus nord VIII mit aufbrechenden Wachsapplikationen von 1988 (2009)

Mit der Bearbeitung der ersten Nordseitenfenster im Rahmen einer umfassenden Restaurierung und Konservierung des Chorzyklusses stellte sich ab 2006 die Frage nach dem Umgang mit den heute noch vorhandenen wenigen Zaponlackresten neu. Letztere finden sich freiliegend nur noch in wenigen Bereichen, in größerem Maße noch unter den 1910/11 mit Deckgläsern doublierten Köpfen einiger Figuren. In den meisten Fällen sind die verbliebenen Reste mit oder ohne Korrosionsprodukte in die Applikationen der Bienen-

Carnauba-Wachs-Sicherung der letzten Bearbeitung mit eingebunden worden (Abb. 28).

Zu untersuchen war, ob die vorhandenen Reste sich weiter verändern – etwa verspröden oder weiter an Haftung verlieren, inwieweit durch den noch vorhandenen Zaponlack ein Gefährdungspotential vorliegt, ob und wenn ja mit welchen Mitteln man zumindest die noch frei liegenden Reste behandeln kann oder muss und inwiefern das Vorhandensein des Lackes in der Wachssicherung der 1980er Jahre eine Auswirkung auf die Methode des Nachsicherns dieser Bereiche hat. Die Beobachtung von Zaponlackresten mit sich aufrollenden Randbereichen geboten schon augenscheinlich einen gewissen Handlungsbedarf (Abb. 27).



Abb. 29, 30 Detail aus dem Helenafenster nord VIII, 11a (2009): links mit Zaponlackresten, rechts nach deren Entfernung mit Aceton

Die entsprechenden naturwissenschaftlichen Begleituntersuchungen erfolgten an der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung im Rahmen des Forschungsprojektes mit der Kulturstiftung des Bundes (Projekt PSR 0010).¹⁰⁷ Für die möglichst gänzliche Entfernung zumindest der frei liegenden Reste von Zaponlack sprachen vor allem die seit den 1980er Jahren erneut auftretenden Ablösungen im Randbereich. Als Mittel für die Entfernung der Partien wurden Aceton, Alkohol, Ethylacetat und Spiritus erprobt. Auf Grundlage weiterführender Untersuchungen und von Versuchen auf Dummis wurden die gewonnenen Erkenntnisse schrittweise in die praktische Konservierung und Restaurierung am

Original überführt. Im Ergebnis der naturwissenschaftlichen Untersuchungen und der Praxisversuche konnten während der Restaurierung der Jahre 2008-2010 am Helenafenster alle der oberflächlich aufliegenden, als Zaponlack identifizierten Lackreste abgenommen werden (Abb. 29, 30). Die Abnahme erfolgte letztendlich auf chemischem Wege mit Aceton. Damit hatte sich auch bei den jüngsten Experimenten ein Mittel durchgesetzt, dass bereits in den 1980er Jahren favorisiert worden war. Im Falle der Nachsicherung lockerer oder aufgebrochener Wachsapplikationen hatten die darin eingebetteten Zaponlackreste keine Auswirkung auf die Methode. Wie schon bei den Südseitenfenstern süd IV-süd VI wurde hierzu ein Bienen-Carnauba-Wachs-Gemisch von 75:25 (in Shellsol A) verwendet.

Abbildungsnachweis:

Berlin-Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege, Messbildarchiv: Abb. 1

Bildarchiv Foto Marburg: Abb. 4-7, 10, 13, 15, 17

Bildarchiv des CVMA Deutschland, Arbeitsstelle Potsdam: Abb. 11, 14, 16, 18-22

Erfurt, Dom St. Marien, Bildarchiv der Glaswerkstatt: Abb. 2, 3, 8, 9, 12, 23-30

Darmstadt, Hessisches Landesmuseum, Inv. Nr. Gl. Erf. 6 (Nachlass Linnemann):
Abb. 3

¹ Zu der nachfolgend beschriebenen Restaurierungsperiode vgl. insbesondere: Falko Bornschein, Ulrike Brinkmann und Ivo Rauch: Erfurt, Köln, Oppenheim. Quellen und Studien zur Restaurierungsgeschichte mittelalterlicher Farbverglasungen (=CVMA Deutschland Studien II), Berlin 1996, S. 60 – 83 und S. 243 – 250 Regesten 217, 218, 225, 227 – 238.

² Ebd., S. 60 und S. 243 Regeste 217.

³ Ebd., S. 243 Regeste 218.

⁴ Ebd., S. 62 und S. 246 Regeste 227.

⁵ Ebd., S. 243 Regeste 218.

⁶ Ebd., S. 245-249, Regesten 227-234.

⁷ Ebd., S. 246f. Regesten 229f.

⁸ Zur Werkstatt Linnemann ist derzeit eine Dissertation von Bettina Schüpke (Mainz) in Arbeit.

⁹ Gotha, Thür. StA, Regierung Erfurt 9027, fol. 121r. (Schreiben vom 21. September 1909) und ebd., fol. 123v. (Schreiben vom 25. Oktober 1909). Siehe auch Bornschein/ Brinkmann/ Rauch 1996 (wie Anm. 1), S. 250 Regeste 237. Möglicherweise basiert der entsprechende Vertrag auf dem bereits am 11. November 1904 aufgestellten Kostenvoranschlag zur Restaurierung der Fenster nord IV – nord VIII durch das Königliche Institut für Glasmalerei Berlin-Charlottenburg (vgl. Gotha, Thür. StA, Regierung Erfurt 9027, fol. 93r). Laut Schreiben des zuständigen Ministers der

geistlichen, Unterrichts- und Medizinalangelegenheiten vom 6. April 1905 sollte nach Auflösung des Berliner Glasmalereiinstituts zum 1. April 1905 mit der Werkstatt Linnemann in Verbindung getreten werden, um einen neuen Kostenvoranschlag einzuholen. Ebd., fol. 60r. Aus einer dazugehörigen handschriftlichen Notiz des Erfurter Regierungs- und Baurats Behrndt geht hervor, dass die „Firma Linnemann einen geänderten Anschlagstext mit Grundrisßskizze vom Dom zur Abgabe einer Offerte“ übersandt hatte. Ebd., fol. 60v. Inwieweit dieser in den interessanten Punkten vom o. g. inhaltlich abwich, ist nicht mehr nachvollziehbar. In dem auch später immer wieder als Diskussionsgrundlage dienenden „Erläuterungsbericht und Kostenvoranschlag vom 5. XII. 1904 über bauliche Herstellungen am Dom zu Erfurt“ ähnelt der Text zu den beabsichtigten Maßnahmen fast wortwörtlich dem o. g. Ebd., fol. 77r – 88v (hier fol. 80vf.).

Auf die noch ausstehenden Restaurierungsarbeiten aufmerksam geworden, bot mit Schreiben vom 13. August 1906 zwischenzeitlich auch die mit der Restaurierung mittelalterlicher Glasmalerei schon erfahrenere Päpstliche Hofglasmalerei Dr. Heinrich Oidtmann aus Linnich ihre Dienste incl. einer Probereinigung an. Ebd., fol. 66r. Schon damals hatte sich der Kultusminister aber offenbar auf die Firma Linnemann festgelegt. Vgl. ebd., fol. 67r. (Schreiben vom 31. August 1906).

¹⁰ Vgl. z. B. Gotha, Thür. StA, Regierung Erfurt 9027, fol. 125v.; ebd., fol. 150r (Schreiben vom 31. Mai 1910).

¹¹ Gotha, Thür. StA, Regierung Erfurt 9027, fol. 123vf. (Schreiben vom 25. Oktober 1909).

¹² Bornschein/ Brinkmann/ Rauch 1996 (wie Anm. 1), S. 63 und S. 246 Regeste 227.

¹³ Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege, Messbildarchiv, Neg. Nr. 2b22/ 60.23 Ausschnitt (mit der Außenansicht der Fenster nord VI und nord VII des Hohen Chores im Jahre 1887). Vgl. auch Abb. 1.

¹⁴ Vgl. hierzu Bornschein/ Brinkmann/ Rauch 1996 (wie Anm. 1), insbesondere S. 63f., S. 66 sowie Anm. 198 – 202.

¹⁵ Ebd., S. 63 u. S. 250 Regeste 236.

¹⁶ Vgl. auch Erhard Drachenberg: Die mittelalterliche Glasmalerei im Erfurter Dom (=CVMA DDR 1.2), Textband, Berlin 1980, S. 32 Anm. 53.

¹⁷ Gotha, Thür. StA, Regierung Erfurt 9027, fol. 150r (Schreiben vom 31. Mai 1910). Siehe auch Bornschein/ Brinkmann/ Rauch 1996 (wie Anm. 1), S. 250 Regeste 237.

¹⁸ Gotha, Thür. StA, Regierung Erfurt 9027, fol. 167r (Schreiben vom 22. September 1910).

¹⁹ Vgl. dazu Bornschein/ Brinkmann/ Rauch 1996 (wie Anm. 1), S. 250 Regeste 237.

²⁰ Der Hinweis auf dieses Datum ist einem im Helenafenster nord VIII deponierten Zettel zu verdanken, der bei den letzten Restaurierungsarbeiten im Jahre 1987 durch Matthias Jähn (Erfurt) aufgefunden wurde. Im Wortlaut zitiert bei: Bornschein/ Brinkmann/ Rauch 1996 (wie Anm. 1), S. 250 Regeste 237.

²¹ Auszugsweise zitiert bei Bornschein/ Brinkmann/ Rauch 1996 (wie Anm. 1), S. 250 Regeste 238.

²² Vgl. Gotha, Thür. StA, Regierung Erfurt 9027, fol. 194r. (Schreiben vom 19. Juni 1911).

²³ Gotha, Thür. StA, Regierung Erfurt 9027, fol. 240r (Schreiben vom 29. November 1911). Schon im o. g. Protokoll vom 19. Juni 1911 heißt es diesbezüglich: „Es ist erwünscht, dass die hier auch dem Laienauge nicht entgehenden Härten beseitigt werden“.

²⁴ Ebd. Die Entwürfe der Glasmalereien von 1868 mit Szenen aus dem Leben der hl. Elisabeth von Thüringen hatte Georg Eberlein aus Nürnberg geliefert. Ausgeführt wurden sie in der Werkstatt Geißler in Ehrenbreitstein. Vgl. dazu insbesondere Falko Bornschein: Die hl. Elisabeth in der Glasmalerei des 19. und 20. Jahrhunderts am Erfurter Dom. In: Arbeitsheft des Thüringischen

Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologie. Neue Folge 27. Hrsg. v. Thüringischen Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie, S. 9-27 (hier S. 13).

²⁵ Zum Zaponlack auf den Glasmalereien des Erfurter Domes vgl.: Erhard Drachenberg und Wolfgang Müller: Zur Erhaltung der mittelalterlichen Glasmalerei im Erfurter Dom und zu den Problemen ihrer Sicherung. In: *News Letter* 31/32 (1980), S. 2-7, hier S. 4. Dasselbe mit Erhard Drachenberg als alleinigen Autor in: *Neue Museumskunde* 27, 1984, S. 104-109, hier S. 105; Drachenberg 1980 (wie Anm. 16), S. 32f. Anm. 54; Erhard Drachenberg und Wolfgang Müller: Bemerkungen zu einzelnen Schwierigkeiten bei modernen Wiederherstellungsverfahren mittelalterlicher Glasmalerei. In: *News Letter* 39/40 (1986), S. 18-28, hier S. 18-21; Erhard Drachenberg, Roland Möller, Wolfgang Müller: Geschichte, Zustand und Sicherung der mittelalterlichen Glasmalerei im Erfurter Domchor. In: *Sbornik restauratorskych praci*, Prag 1986, S. 46-63, hier S. 49f. Später dann Bornschein/ Brinkmann/ Rauch 1996 (wie Anm. 1), S. 64, S. 66 Anm. 203, S. 68-70, S. 73 Anm. 228, S. 250 Regeste 237.

²⁶ Gotha, Thür. StA, Regierung Erfurt 9027, fol. 93r. (Spezial-Kostenvoranschlag des Königlichen Instituts für Glasmalerei zu Berlin über die Wiederherstellung der Fenster 1-5 der nördlichen Chorseite des Domes zu Erfurt v. 11. November 1904).

²⁷ Ebd. Siehe auch Anm. 9.

²⁸ Joseph Ludwig Fischer: Das Helenafenster im Dome zu Erfurt um 1400. In: *Zeitschrift für alte und neue Glasmalerei und verwandte Gebiete* 1(1912), S. 71f. (hier S. 72). Kurz zuvor schrieb Alfred Overmann in seiner Beschreibung der Domfenster im Jahre 1911 lediglich, die Glasmalereien seien „teils 1898, teils 1910 restauriert worden, haben aber nur unbedeutende Ergänzungen erfahren“. Alfred Overmann: *Die älteren Kunstdenkmäler der Plastik, der Malerei und des Kunstgewerbes der Stadt Erfurt*. Erfurt [1911], Nr. 513 S. 385 – 393 (insbes. S. 393). Im Katalog: *Die Glasgemälde des Königlichen Kunstgewerbemuseums in Berlin*. Bd. 1. Berlin 1913, S. 255 wird nicht ganz korrekt auf eine Instandsetzung von zwei der Chorfenster durch das Berlin-Charlottenburger Institut und drei durch das Atelier Linnemann verweisen. In der von der Werkstatt selbst verfassten katalogartigen Schrift: Rudolf und Otto Linnemann Frankfurt/ Main. Frankfurt 1914, (o. S.) wird in kurzen Worten die „Wiederherstellung von 6 alten Chorfenstern“ des Erfurter Domes erwähnt. Der vom Dompropst Jakob Feldkamm verfasste und im Jahre 1918 erschienene Führer: *Der Dom zu Erfurt*, S. 30 zitiert bezüglich der Restaurierungsarbeiten an nord IV – nord VIII lediglich die ehemals in nord VI, 1d befindliche nachgenannte Werkstattinschrift. Letztere (von Feldkamm nicht ganz korrekt wiedergegeben) wurde im Mai/Juni 1949 von Franz Breitenstein (Erfurt) durch die noch heute in nord VI, 1d befindliche Inschrift ersetzt. Sie lautet: „Unter Dompropst Dr. Freusberg / wurden 1947-1949 alle Fenster, / nachdem sie während des / Krieges geborgen waren / von Franz Breitenstein / ergänzt und eingesetzt.“

²⁹ Inschrift zitiert nach Foto: Bildarchiv Foto Marburg, Archivnummer 148.544 (1932); der darauf nicht lesbare untere Teil ergänzt nach: *Die Stadt Erfurt. Dom, Severikirche, Peterskloster, Zitadelle*. Bearb. v. Karl Becker, Margarethe Brückner, Ernst Haetge und Lisa Schürenberg (=Die Kunstdenkmale der Provinz Sachsen 1), Burg 1929, S. 163. Der Text der Inschrift verwirrt etwas – legt er doch eine Bestimmung für das Apostelmartyrienfenster als ursprünglichen Standort nahe.

³⁰ *Kunstdenkmale 1929* (wie Anm. 29), S. 145.

³¹ Bornschein/ Brinkmann/ Rauch 1996 (wie Anm. 1), S. 253f. Regesten 255 und 257.

³² Ebd., S. 253 Regeste 255.

³³ Ebd., S. 253f. Regeste 257. Vgl. auch Erfurt, Archiv des Thüringischen Landesamtes für Denkmalpflege, Erfurt, Dom (Bd. 2: 1934 – 1944), Schreiben vom 23. Februar 1944.

³⁴ Ebd. Der Hinweis auf das Freiburger Münster bezieht sich wohl auf Arbeiten der Werkstatt Helmle & Merzweiler in den 1880er Jahren. Vgl. Daniel Parello: *Von Helmle bis Geiges. Ein Jahrhundert historischer Glasmalerei in Freiburg* (=Veröffentlichungen aus dem Archiv der Stadt Freiburg im Breisgau 31). Hrsg. v. Ulrich P. Ecker und Hans Schadek, Freiburg 2000, S. 241 Regeste 121.

³⁵ Vgl. insbesondere Drachenberg/ Müller 1986 (wie Anm. 25), S. 18-21.

³⁶ Bornschein/ Brinkmann/ Rauch 1996 (wie Anm. 1), S. 253f. Regeste 257. Vgl. auch Erfurt, Archiv des Thüringischen Landesamtes für Denkmalpflege, Erfurt, Dom (Bd. 2: 1934 – 1944), Schreiben vom 23. Februar 1944.

³⁷ Erfurt, Archiv des Thüringischen Landesamtes für Denkmalpflege, Erfurt, Dom (Bd. 2: 1934 – 1944), undatiertes Schreiben (zwischen 16. Januar und 23. Februar 1944).

³⁸ Erfurt, Archiv des Thüringischen Landesamtes für Denkmalpflege, Erfurt, Dom (Bd. 2: 1934 – 1944), Schreiben vom 23. Februar 1944. Das die mittelalterliche Schwarzlotmalerei hier tatsächlich nicht mehr oder nur noch in wenigen Resten vorhanden war, ist eher zu bezweifeln. Vielmehr wird man von einer Anhaftung sowohl der Kaltübermalungen, als auch der losen Originalmalerei an dem sich ablösenden bzw. abgelösten Zaponlack ausgehen müssen.

³⁹ Während man beim kriegsbedingten Ausbau des ersten der fünf von Linnemann bearbeiteten Fenster (dem Apostelmartyrienfenster) im Herbst 1940 noch „annehmen konnte, dass die [durch den Zaponlack verursachten] Schäden im wesentlichen an ergänzten Teilen auftraten“, musste man beim nächsten bereits „feststellen, dass fast das ganze Fenster diese Eigenschaften zeigte.“ Bornschein/ Brinkmann/ Rauch 1996 (wie Anm. 1), S. 253 Regeste 255.

⁴⁰ Dies gilt zumindest für die beiden jüngst restaurierten Fenster nord VII und nord VIII. Für die Fenster nord IV – nord VI stehen nähere Untersuchungen noch aus.

⁴¹ Vgl. Bornschein/ Brinkmann/ Rauch 1996 (wie Anm. 1), S. 64 und S. 253 Regeste 255. Ähnlich äußerte sich Kellner in einem Schreiben vom 11. Dezember 1940 an das Doerner-Institut in München, verbunden mit der Bitte um Untersuchung des Phänomens auf Grundlage zweier in Aussicht gestellter Originalfelder. „Wir glauben nämlich [so Kellner], dass dem Restaurator bei der Säuberung der Fenster die alte Zeichnung weitgehend abgegangen ist, vielleicht durch zu scharfes Abwaschen und dass daraufhin die Scheiben angestrichen oder angespritzt worden sind, um sie wieder entsprechend einzudunkeln, vielleicht auch, um die Reste der mittelalterlichen Malerei zu sichern. Auf diese Schicht scheint er dann mit einer Farbe in seiner Manier die Zeichnung „verdeutlicht“ zu haben. Wie Sie sehen werden, blättert diese Schicht nun ab und darunter erscheint häufig nur noch die blanke farbige Scheibe. Ist es wohl möglich, dass die Reste der alten Malerei sich mit der Schicht und der auf ihr sitzenden groben modernen Zeichnung verbunden haben?...“. RDI Doerner Institut, Konservierung Glasfenster Naumburg, Bd. 3, Schreiben vom 11. Dezember 1940.

⁴² Vgl. Drachenberg 1980 (wie Anm. 16), S. 32f. Anm. 54; Drachenberg/ Müller 1980 (wie Anm. 25), S. 4; Drachenberg 1984 (wie Anm. 25), S. 105; Drachenberg/ Müller/ Möller 1986 (wie Anm. 25), S. 49-51; Drachenberg/ Müller 1986 (wie Anm. 25), S. 19.

⁴³ Drachenberg/ Müller/ Möller 1986 (wie Anm. 25), S. 49-51.

⁴⁴ Bei den wenigen noch vorhandenen freiliegenden Resten ist heute keine quantitative Aussage mehr möglich, zumal die Zaponlackreste von den nachträglich eingeschlossenen Verschmutzungen und Staub oft nur schwer zu unterscheiden sind.

⁴⁵ Im Rahmen der Analyse von Zaponlackresten aus dem Helenafenster (nord VIII) durch die Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung Berlin wurde dieses Phänomen nicht näher untersucht.

⁴⁶ Erfurt, Dombauamt, 1.2.0.1. Domfenster-Protokolle (Beschlussprotokoll ohne Datum – wohl 4. Juli 1984). Vgl. auch Bornschein/ Brinkmann/ Rauch 1996 (wie Anm. 1), S. 73 Anm. 228.

⁴⁷ Gotha, Thür. StA, Regierung Erfurt 9027, fol. 80v. Siehe auch: Bornschein/ Brinkmann/ Rauch 1996 (wie Anm. 1), S. 250 Regeste 236.

⁴⁸ Hierzu und auch nachfolgend zu den Arbeiten an der Erfurter Predigerkirche vgl. Bornschein/ Brinkmann/ Rauch 1996 (wie Anm. 1), S. 72f. mit Anm. 225; vgl. auch Erhard Drachenberg, Karl-Joachim Maercker und Christa Schmidt: Die mittelalterliche Glasmalerei in den Ordenskirchen und im Angermuseum Erfurt (= CVMA DDR 1.1), Wien/ Köln/ Graz 1976, S. 111 Anm. 72 und S. 143.

⁴⁹ Drachenberg/ Maercker/ Schmidt 1976 (wie Anm. 48), S. 111 Anm. 72 und S. 143.

⁵⁰ Vgl. Bornschein/ Brinkmann/ Rauch 1996 (wie Anm. 1), S. 72f. Anm. 225.

⁵¹ Ebd.

⁵² Vgl. Hierzu Bornschein/ Brinkmann/ Rauch 1996 (wie Anm. 1), S. 68f. mit Anm. 210.

⁵³ Das Frankfurter Firmenarchiv selbst ist im Zweiten Weltkrieg ausgebrannt. Eine Übersicht über die restaurierten mittelalterlichen Bestände der Werkstatt Linnemann findet sich unter www.linnemann-archiv.de. Siehe auch Bettina Schüpke: Von Schätzen in Kisten, Kellern und Kirchen. Die Wiederentdeckung der Glasmalereiwerkstatt Linnemann aus Frankfurt a. M. (1889-1955). In: Das Münster 2/ 2009, S. 132-141, hier insbesondere S. 139 und S. 141 Anm. 33.

⁵⁴ Drachenberg/ Müller 1986 (News Letter 39/40 wie Anm. 25), S. 20.

⁵⁵ Christa Richter: Die mittelalterlichen Glasmalereien in Mühlhausen/ Thüringen (= CVMA Deutschland XVI), Berlin 1993, S. 8, 10f. und S. 139f. Regesten 43-48.

⁵⁶ Karl-Joachim Maercker: Die mittelalterlichen Glasmalereien in der Stendaler Jakobikirche (=CVMA Deutschland XVIII, 2), Berlin 1995, S. 9 (hier als Behauptung) und S. 12f. (hier als Vermutung). Im Katalog des Bandes ist dann nur noch neutral von „Fixierungen“, „Fixativen“ oder „Überzügen“ die Rede. Für Stendal nimmt Maercker ebenfalls eine doppelte Absicht für den Einsatz des Mittels – zur Festigung von Malerei und zur Eintönung zu heller Partien – an (ebd.). Nach freundlicher Auskunft von Hans Losert (Halberstadt) wurden während der Restaurierungsarbeiten in seiner Werkstatt in den Jahren 1980-83 am mittelalterlichen Glasmalereibestand der Nikolaikirche zu Mühlhausen/ Thür. (insbesondere am Heiligenfenster süd II) Lacküberzüge festgestellt. Die Glasmalereien waren im Jahre 1898 in der Werkstatt Alexander Linnemann (Frankfurt a. M.) restauriert worden.

⁵⁷ Fritz Zimmer: Nitrocelluloseesterlacke und Zaponlacke, Leipzig 1931, insb. S. 2; Drachenberg / Müller 1986 (News Letter 39/40 wie Anm. 25), S. 18f. Hier auch zur Weiterentwicklung des Produktes im Laufe des frühen 20. Jahrhunderts. Siehe auch: Wolfgang Müller: Neues zur Konservierung von Glasmalereien um 1900. In: Restauo 2/2003, S. 100-109 (hier S. 101f.).

⁵⁸ Wie Anm. 57. Über das genaue Datum der Entwicklung des Produktes Zaponlack und seiner Verbreitung in Europa existieren unterschiedliche Angaben. In: Historisches Baulexikon, bearb. v. Mila Schrader und Julia Voigt, 2003, S. 318 wird Perl als erster Hersteller von Zaponlack auf der Basis von Zellulosenitrat für das Jahre 1890 angegeben. Zimmer 1931 (wie Anm 57), S. 2 datiert die Entstehung von Zaponlack in den USA auf die Zeit um 1885 und nennt J. Perl als ersten Fabrikanten, der Zaponlack in Deutschland in großem Maße produzierte. 1892 wurde nach Zimmer schließlich das Patent für Fred. Crane (New Jersey, USA) geschützt (ebd.). Nach Drachenberg/ Müller 1986 (News Letter 39/40 wie Anm. 25), S. 18 kamen verschiedene Arten von Zaponlack seit etwa 1892 zunehmend in Gebrauch (siehe auch Müller 2003 (wie Anm. 57), S. 102).

⁵⁹ Müller 2003 (wie Anm. 57), S. 102.

⁶⁰ Bei Drachenberg/ Müller 1986 (News Letter 39/40 wie Anm. 25), S. 21 wird eher vage vermutet, dass auch weitere Werkstätten außer Linnemann auf das Fabrikat zurückgegriffen haben. Vom Gebiet der ehemaligen DDR werden diesbezüglich das Kgl. Institut für Glasmalerei Berlin Charlottenburg sowie die Werkstätten Wagner (Berlin), Müller (Quedlinburg), Franke (Naumburg) und Beyer (Dresden) aufgeführt. Auf mittelalterlichen Glasmalereien des Straßburger Münsters wurden ähnliche Schadprozesse wie die in Erfurt durch Zaponlack verursachten bei einem zwischen 1902 und 1914 aufgetragenem organischen Überzug beobachtet (vgl. Rüdiger Becksmann: L'état verrières du bascôté sud de la cathédrale de Strasbourg. Position du problème,

in: Bulletin de la Cathédrale de Strasbourg 26, 2004, S. 83-92). Erst jüngst durchgeführte Untersuchungen durch Claudine Loisel (Paris) bestätigten, dass es sich dabei nicht um Zaponlack handelt. Auf vergleichbare Schäden verweisen auch Bacher und Oberhaidacher bezüglich von Glasmalereien aus der Marburger Elisabethkirche und zweier Felder aus dem Historischen Museum der Stadt Wien. Sie beschreiben die analytisch nicht näher zu spezifizierenden, z. T. abplatzenden Überzüge als „spröde gewordene verharzte Firnissschichten“. Vgl. Ernst Bacher und Elisabeth Oberhaidacher: Patina- und Firnissschichten auf mittelalterlichen Glasgemälden. Ergebnisse rezenter Untersuchungen. In: CVMA News Letter 1990, S. 43/44, S. 21-25.

⁶¹ Vgl. Daniel Parello: Die mittelalterlichen Glasmalereien in Marburg und Nordhessen (CVMA Deutschland III,3), Berlin 2008, S. 346 und S. 533 Regeste 104.

⁶² Ebd. sowie S. 203, 206 und S. 523 Regeste 45.

An der Elisabethkirche zu Marburg bearbeitete die Werkstatt Linnemann im Jahre 1905 mehrere mittelalterliche Ornamentfenster. Siehe dazu ebd., S. 344 und S. 532, Regeste 99. Auch auf Feldern dieser Fenster sind Reste von Lacküberzügen nachweisbar (darunter auch Zaponlack), die offenbar bereits durch die Werkstatt Linnemann aufgebracht worden waren. Vgl. ebd., S. 393 (nord III hier mit Hinweis zu Zaponlack), S. 398 und S.424 (süd V) sowie S. 435 (NORD V). Die beiden Proben, an denen im Rahmen einer Analyse im Jahre 1986 Zaponlack auf Grund der vorgefundenen Weichmacherreste vermutet werden konnte, stammen aus dem Fenster süd II (Archiv CVMA Deutschland Freiburg i/Br., Akte Marburg, Elisabethkirche, Schreiben von Dr. Hannelore Marschner vom 9. Januar 1986). Hier war die Werkstatt Linnemann offensichtlich nicht tätig. Hingegen erbrachten naturwissenschaftliche Analysen an Proben von Lacküberzügen der Feldern SÜD V, 4a und SÜD IV 8d keinen Hinweis auf Zaponlack (Archiv CVMA Deutschland Freiburg i/Br., Akte Marburg, Elisabethkirche, Untersuchungsbericht Dr. Hermann Kühn vom 14. Januar 1986). Für die Ermöglichung der Einsichtnahme in die Unterlagen sei Herrn Dr. Daniel Parello (Freiburg/Br.) herzlich gedankt.

⁶³ Vgl. z. B. Lexikon der Kunst, Hrsg. v. Ludger Alscher u. a., Bd. 5, Leipzig 1978, S. 681.

⁶⁴ Spätestens im Juli 1910 liegen bereits „5 Photographien von Chorfenstern“ zur Begutachtung bei den zuständigen Stellen in Erfurt und Berlin vor. Vgl. Gotha, Thür. StA, Regierung Erfurt 9027, fol. 150r (Schreiben vom 16. Juli 1910 mit verschiedenen späteren Anm.). Ob es sich dabei bereits um die heute gerahmt im Kunstmagazin des Bistums aufbewahrten zusammengesetzten Fotografien der fünf restaurierten Chorfenster gehandelt hat, ist fraglich, zumal die zu ergänzenden Sockelfelder damals noch nicht fertig gestellt waren. Letztere zeigen den Zustand der Fenster nach ihrer Bearbeitung.

⁶⁵ Kunstdenkmale 1929 (wie Anm. 29), S. 145-211.

⁶⁶ Vgl. Bildarchiv Foto Marburg, Archivnummern 148 500 bis 148 640.

⁶⁷ Es ist auch nicht bekannt, in welcher Reihenfolge die Fenster nord IV-VIII in der Werkstatt Linnemann bearbeitet wurden.

⁶⁸ Bornschein/ Brinkmann/ Rauch 1996 (wie Anm. 1), S. 253, Regeste 255. Vgl. auch Anm. 41 des vorliegenden Aufsatzes.

⁶⁹ Die entsprechenden Aufnahmen befinden sich im Bildarchiv des CVMA Deutschland, Arbeitsstelle Potsdam.

⁷⁰ Gotha, Thür. StA, Hochbauamt Erfurt 63 (Schreiben vom 1. April 1941); vgl. auch Bornschein/ Brinkmann/ Rauch 1996 (wie Anm. 1), S. 253, Regeste 256.

⁷¹ Vgl. dazu Bornschein/ Brinkmann/ Rauch 1996 (wie Anm. 1), S. 84 und S. 254 Regeste 258; Erfurt, Bistumsarchiv, Prosteiakten (neu) 1 c III (Schreiben vom 16. November 1947, 10. Februar 1948, 20. Februar 1948, 1. März 1948, 17. März 1948, 30. März 1949, 19. April 1949, 16. Mai 1949, 17. Mai 1949, 20. Mai 1949, 21. Mai 1949, 25. Mai 1949, 4. Juni 1949, 15. Juni 1949. Siehe auch: RDI Doerner Institut, Konservierung Glasfenster Naumburg, Bd. 3, Schreiben vom 11. Dezember 1940.

⁷² Vgl. Schreiben vom 1. März 1948 von Jacobi an den Erfurter Dompropst. Erfurt, Bistumsarchiv, Propsteiakten 1 c III (Schreiben vom 1. März 1948).

⁷³ Vgl. RDI Doerner Institut, Konservierung Glasfenster Naumburg, Bd. 3, Schreiben vom 3. Dezember 1942. Die Arbeiten in Naumburg wurden im Gebäude Domplatz 3 durchgeführt. Diese Information sowie die vollständigen Namen der beiden nachfolgend genannten Naumburger Bearbeiter verdanke ich Herrn Guido Siebert (Naumburg). Siehe auch: Die Glasmalerei im Naumburger Dom vom Hohen Mittelalter bis in die Gegenwart. Hg. Vereinigte Domstifter zu Merseburg und Naumburg und des Kollegiatstifts Zeit, Redaktion Guido Siebert und Matthias Ludwig, Petersberg 2009, S. 33f.

⁷⁴ Zumindest befanden sich die Scheiben bei ihrer späteren Wiederauffindung im Juni 1949 in einem ausgebleiten Zustand. Vgl. Erfurt, Bistumsarchiv, St. Marien, Propsteipfarrkirche, Dombautagebuch Rudolf Stein (1945-1951), S. 197. Herr Prof. Dr. Andreas Burmester (Direktor des Doerner Instituts) arbeitet derzeit die Akten des Institutes aus den 1940er Jahren auf. Möglicherweise können seine Recherchen noch Näheres zu den Vorgängen in Naumburg und mithin auch zu dem für Erfurt angedachten Verfahren zu Tage fördern. Gleiches gilt für die Bearbeitung des mittelalterlichen Naumburger Glasmalereibestandes im Rahmen des Corpus Vitrearum durch Herrn Guido Siebert.

⁷⁵ Der Glasmaler Josef Oberberger (1905-1994) war zwischen 1932 und 1935 Leiter der Glasmalerei-Werkstatt an der Münchner Akademie der bildenden Künste und ab 1945 dortiger Professor im Bereich Malerei und Grafik.

⁷⁶ Mit bestem Dank an den jetzigen Leiter des Doerner-Instituts München Prof. Dr. Andreas Burmester für die Zuarbeit der Akten - vgl. RDI Doerner Institut, Konservierung Glasfenster Naumburg, Bd. 3, Schreiben vom 11. Dezember 1940, vom 14. Dezember 1940, vom 30. Dezember 1940, vom 5. Februar 1941, vom 10. Februar 1941, vom 14. Februar 1941, vom 29. April 1941, vom 19. November 1942; vom 2. Dezember 1942 und vom 3. Dezember 1942.

⁷⁷ Vgl. Richard Jacobi: Kunststoffe als Grundlage für ein neues Verfahren zur Erhaltung alter Glasmalereien. In : Angewandte Chemie 53, 1940, S. 452f. (hier S. 453). Im Falle der Probescheiben aus dem Naumburger Dom wurde zumindest eine „über der Schwarzlotzeichnung“ befindliche „schwarze Staubkruste ... mittels verdünnter Kieselflourwasserstoffsäure“ entfernt. Vgl. Konservierung alter Glasmalereien. Konservierung alter Glasmalereien. In: Max Doerner: Malmaterial und seine Verwendung im Bilde. Neu hrsg. v. Toni Roth und Richard Jacobi, 11. Aufl., Stuttgart 1960, S. 420-424 (hier S. 422).

⁷⁸ Gotha, Thür. StA, Hochbauamt Erfurt 63 (Schreiben vom 28. Januar 1942); vgl. auch Bornschein/ Brinkmann/ Rauch 1996 (wie Anm. 1), S. 253, Regesten 254-257.

⁷⁹ Bornschein/ Brinkmann/ Rauch 1996 (wie Anm. 1), S. 253f. Regesten 255 und 257.

⁸⁰ Erfurt, Archiv des Thüringischen Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologie, Erfurt, Dom (Bd. 2) (1934- 1944), Schreiben vom 16. Januar 1944.

⁸¹ Ebd.

⁸² Vgl. Jacobi 1940 (wie Anm. 76), S. 452. Zu dem weiterentwickelten und ab Mitte den 1950er Jahren an Fenstern des Kölner Domes eingesetzten Doublierungsverfahren vgl. außerdem Ulrike Brinkmann/ Peter Decker: Doublierung und Entdoublierung an den Fenstern des Kölner Domes. Das Jacobi-Verfahren und seine Reversibilität. In: Jahresberichte aus dem Forschungsprogramm Steinzerfall – Steinkonservierung des Bundesministeriums für Forschung und Technologie (BAU 7015 F)5, Berlin 1995, S. 213-219. Über die Anzahl der für den Naumburger Dom bearbeiteten Scheiben existieren unterschiedliche Angaben. Brinkmann/ Decker 1995, S. 214 verweisen auf drei Felder aus dem Martinsfenster, die in der Verbundglastechnik doubliert wurden. Den Akten des Doernerinstitutes zu Naumburg zufolge scheinen zwei Felder bearbeitet worden zu sein (RDI Doerner Institut, Konservierung Glasfenster Naumburg, Bd. 4, Schreiben vom 12 August 1940). In: Glasmalerei im Naumburger Dom 2009, S. 34 ist lediglich von einem Feld mit der Figur des hl.

Martin aus dem Westchor die Rede (ähnlich bei Frenzel 1960, S. 12 siehe unten). Im Jahre 1952 folgten schließlich weitere Versuche an Rundwappenscheiben im Schiff der Nürnberger Kirche St. Sebald, bis schließlich, noch vor den Kölner Arbeiten, 1953 „das gesamte Knorr- und das Schmidtmairsche Fenster der Nürnberger St.-Lorenz-Kirche nach dem Verfahren behandelt“ wurde. Gottfried Frenzel: Schwarzloterhaltung und Schwarzlotsicherung bei mittelalterlichen Glasgemälden. In: Zeitschrift für Kunstgeschichte 23, 1960, S. 1-18, hier S. 12 sowie Doerner 1960 (wie Anm. 77), S. 422.

⁸³ Erfurt, Bistumsarchiv, St. Marien, Propsteipfarrkirche, Dombautagebuch Rudolf Stein (1945-1951), S. 184, S. 189f. und S. 197-199. Zu den wenigen Indizien für die Untersuchungen und Arbeiten von 1940/41 vgl. wie Anm. 71.

⁸⁴ Erfurt, Archiv des Thüringischen Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologie, Erfurt, Dom (Bd. 2) (1934- 1944), Schreiben vom 05. Juli 1946 und maschinenschr. Abschrift - datiert auf Juni?! 1946.

⁸⁵ Zu den Arbeiten der Zeit von 1947-49 im Einzelnen vgl. insbesondere Bornschein/ Brinkmann/ Rauch 1996 (wie Anm. 1), S. 84f. und S. 254f. Regeste 260.

⁸⁶ Erfurt, Bistumsarchiv, St. Marien, Propsteipfarrkirche, Dombautagebuch Rudolf Stein (1945-1951), S. 73. Vermutlich geschieht dies fensterweise, denn ein weiterer Eintrag vom 21. Juni 1947 lautet: „Die Bleiglastafeln eines weiteren Fensters vom Hohen Chor im Luftschuttkeller herausgesucht und hochgeholt. Verschiedene Einzelheiten mit dem Herrn Propst besprochen“. Ebd., S. 108. Siehe später auch ebd., S. 118, S. 158. Am 1. Februar 1949 wird „das Eustachiusfenster aus dem Luftschuttkeller hochgeholt, von dem 3 Tafeln fehlen und in Naumburg sein sollen“ (ebd., S. 184).

⁸⁷ Ebd., S. 111.

⁸⁸ Ebd., S. 214f.

⁸⁹ Die genauen Lagerungsbedingungen kann man nur vermuten. Wie durch den Provinzialkonservator Hermann Giesau mit Schreiben vom 2. Oktober 1939 angeordnet, sollen die Felder aufrecht stehend und geschützt durch Seiden- bzw. Packpapier in Holzkisten im Keller unter der Krypta gelagert werden. Erfurt, Bistumsarchiv, Propsteiakten (neu) 1 c II (Schreiben vom 2. Oktober 1939), fol. 115v und 117v. Im entsprechenden Kostenvoranschlag vom 21. November 1939 ist außerdem von einem seitlichen Schutz durch Strohpackungen die Rede. Ebd., fol. 119r und 120r (Kostenvoranschlag vom 21. November 1939). Vgl. dazu auch Erhard Drachenberg/ Müller 1980, S. 4 und Bornschein/ Brinkmann/ Rauch 1996 (wie Anm. 1), S. 97 mit Anm. 325.

⁹⁰ Thüringische Landeszeitung 7(1951-04-14)45.

Im Dombautagebuch wird das Phänomen nur einmal beiläufig erwähnt. Dort lautet ein Eintrag vom 29. Juli 1948 im Zusammenhang mit der Bearbeitung eines der Nordseitenfenster durch Breitenstein: „... Die zerstörten Gläser, die 1892 [sic!] mit Lackverfahren ergänzt wurden und deren Bemalung abblättert, sollen lediglich durch Farbgläser im entsprechenden Tonwert ersetzt werden, die aus den zerstörten Elisabethfenstern verfügbar sind. Auf eine Nachahmung gotischer Zeichnungen und Glasmalereien ist zu verzichten.“ Erfurt, Bistumsarchiv, St. Marien, Propsteipfarrkirche, Dombautagebuch Rudolf Stein (1945-1951), S. 159.

⁹¹ Für die Arbeiten von 1947-49 ist der Einsatz von Bürste und Schaber verbürgt (vgl. Drachenberg 1980 (wie Anm. 16), S. 27 – nach Auskunft durch Heinz Hajna). Wahrscheinlich wurde beides zum Ausdünnen der rückseitigen Wettersteinkruste benutzt. Aktenkundig vermerkt ist lediglich, dass am 9. Juli 1947 „zur Reinigung“ der Chorfenster „... eine Anzahl von Wurzelbürsten“ angeschafft wurde. Erfurt, Bistumsarchiv, St. Marien, Propsteipfarrkirche, Dombautagebuch Rudolf Stein (1945-1951), S. 111.

⁹² Vgl. dazu ausführlich bei Bornschein/ Brinkmann/ Rauch 1996 (wie Anm. 1), S. 86-92 und S. 258-260 Regeste 276.

⁹³ Vgl. dazu insbesondere das Gutachten von Erhard Drachenberg vom 21. April 1977, publiziert ebd., S. 258 Regeste 274. Die starken Schäden vor allem im Bereich der Malschicht werden auch auf den Fotos der Vorzustandsdokumentation der entsprechenden Glasmalereien (Archiv der Glaswerkstatt am Erfurter Dom) deutlich.

⁹⁴ Nachdem im Jahre 1980 durch Wieland Jacob zunächst die vier unteren Zeilen des Apostelmartyrienfensters nord IV bearbeitet wurden, die das Phänomen bereits tangierten, kamen bis 1984 lediglich Fenster zur Bearbeitung, die diese Problematik nicht aufwiesen.

⁹⁵ Erfurt, Dombauamt, 1.2.0.1. Domfenster-Protokolle (Beschlussprotokoll vom 22. und 23. März 1984). Siehe auch ebd., Beschlussprotokoll ohne Datum, wohl 4. Juli 1984. Inwieweit sich der Zustand der Glasmalereien in den zurückliegenden 20 Jahren tatsächlich verschlechtert hatte, kann auf Grund des ungenügend vorhandenen Bildmaterials der Zeit zwischen 1960 und 1980 nicht eingeschätzt werden.

⁹⁶ Kartiert wurden die noch vorhandenen Zaponlackreste damals jedoch nicht.

⁹⁷ Erfurt, Dombauamt, 1.2.0.1. Domfenster-Protokolle (Beschlussprotokoll vom 22. und 23. März 1984). Siehe auch ebd., Beschlussprotokoll ohne Datum, wohl 4. Juli 1984. Die In-situ-Sicherung erfolgte mit Pinsel unter Verwendung von Haftvermittler (frdl. Auskunft von Matthias Jähn).

⁹⁸ Ebd., Beschlussprotokoll ohne Datum, wohl 4. Juli 1984. Zu den Mitteln der Lösungs- bzw. Ausdünnungsversuche vgl. Anm. 93. Außerdem wurde festgelegt, ein nicht näher benanntes Feld des Katharinenfensters „alle losen Partien des Zaponlackes nach Anquellen abzunehmen...“ Ebd. Über die Durchführung dieser Maßnahme ist nichts bekannt.

⁹⁹ Ebd., Beschlussprotokoll vom 4. Oktober 1984.

¹⁰⁰ Die Ergebnisse sind publiziert unter: Drachenberg / Müller 1986 (News Letter 39/40 wie Anm. 25), S. 20.

¹⁰¹ Drachenberg / Müller 1986 (News Letter 39/40 wie Anm. 25), S. 21.

¹⁰² Erfurt, Dombauamt, 1.2.0.1. Domfenster-Protokolle (Beschlussprotokoll vom 4. Oktober 1984). Zunächst hatte man zur probeweisen Lösung des Zaponlacks auch tatsächlich Aceton geplant (ebd., Beschlussprotokoll vom 22. und 23. März 1984), später – jedoch nur für plan aufliegende Lackbereiche – außerdem Nitroverdünnungen und kaltes Terpentinöl (ebd., Beschlussprotokoll ohne Datum, wohl 4. Juli 1984).

¹⁰³ Vgl. dazu auch ebd., Protokoll zur Besprechung am 19. September 1985.

¹⁰⁴ Vgl. dazu: Erfurt, Dombauamt, 1.2.0.1. Domfenster-Protokolle (Protokolle zu den Besprechungen am 19. September 1985; am 1. April 1986 und Protokoll ohne Datum, Sommer 1986) sowie Erfurt, Archiv des Thüringischen Landesamtes für Denkmalpflege, Erfurt, Dom und Severi, Protokoll vom 21. Februar 1985.

¹⁰⁵ Siehe dazu auch Bornschein/ Brinkmann/ Rauch 1996 (wie Anm. 1), S. 91 mit Anm. 297.

¹⁰⁶ Vgl. auch Erfurt, Dombauamt, 1.2.0.1. Domfenster-Protokolle (Besprechungsprotokoll zu den Arbeiten an den Domfenstern n VI und n VIII ohne Datum, Sommer 1986).

¹⁰⁷ Vgl. hierzu Falko Bornschein, Manfred Torge, Rainer Drewello, Paul Bellendorf, Nils Wetter, Nicole Sterzing und Oliver Hahn: „Konservierung mittelalterlicher Glasmalerei im Kontext spezieller materieller und umweltbedingter Gegebenheiten“. Ein Projekt der Kulturstiftung des Bundes. In: *Restaurio* 5/2010, S. 320-325, hier S. 321f. sowie den Beitrag von Manfred Torge, Martin Sabel, Ines Feldmann und Anka Kohl in dieser Publikation.

Naturwissenschaftliche Untersuchungen im Rahmen des Projektes „Konservierung mittelalterlicher Glasmalerei im Kontext spezieller materieller und umweltbedingter Gegebenheiten“

Manfred Torge, Martin Sabel, Ines Feldmann, Anka Kohl

Die naturwissenschaftlichen Untersuchungen erfolgten sowohl an Proben, die von den Restauratoren des Erfurter Domes den Glasmalereifeldern entnommen und der BAM zur Verfügung gestellt wurden als auch an im Labor hergestellten Modellproben, die unter zeitraffenden Bedingungen im Klimaschrank gealtert wurden. Weitere Materialproben stammen aus dem Bayerischen Nationalmuseum in München. Die analytischen Untersuchungen erfolgten in Zusammenarbeit der Abteilung IV. „Material und Umwelt“ und Abteilung I „Analytik und Referenzmaterialien“ der BAM.

Folgende Untersuchungen wurden im Einzelnen durchgeführt und sind im Weiteren detailliert beschrieben:

1. Analytische Untersuchungen von Oberflächenbelägen auf Glassegmenten der mittelalterlichen Fenster aus dem Erfurter Dom
2. Herstellung von Materialproben mit Zaponlackbeschichtungen, künstliche Alterung im Klimaschrank und analytische Untersuchungen zu Materialveränderungen
3. Untersuchungen zur Anlösbarkeit und Abnahme der gealterten Zaponlackbeschichtungen auf Modellgläsern und Überprüfung der Übertragbarkeit auf die Originale
4. Modifizierung der Wachssicherungsmethode entsprechend den Erfordernissen der Originalproben
5. Untersuchungen an Materialproben auf Gläsern des 19. Jahrhunderts
6. Analyse von Oberflächenbelägen auf der Verbleiung eines mittelalterlichen Glasmalereifeldes im Bayerischen Nationalmuseum in München

1. Analytische Untersuchungen von Oberflächenbelägen auf Glassegmenten der mittelalterlichen Fenster aus dem Erfurter Dom

Materialproben von unterschiedlichen Glassegmenten des Bonifatiusfensters n VII und des Helenafensters nVIII wurden in der BAM mit dem Environmental Scanning Electron Microscope (ESEM) und dem Infrarot-Spektrometer Equinox 55 (FT-IR) untersucht. Die Probenahme von der Oberfläche der Glasmalereien aus den Feldern nVII 4b, nVII 6a, nVII 6d, nVII 12b, nVIII 8a und nVIII 16a erfolgte durch Mitarbeiter der Glaswerkstatt des Erfurter Domes. Diese Glasmalereifelder wurden zwischen 1909 und 1911 in der Werkstatt Linnemann in Frankfurt am Main großflächig mit Zaponlack gesichert. Die durch Umwelteinflüsse versprödeten Zaponlackreste auf den Malschichtkonturen wurden in den 1980-er Jahren mit einer Mischung aus Bienen- und Carnaubawachs gesichert. Daher handelt es sich bei den Materialproben um ein Gemisch aus unterschiedlichen Restaurierungsmaterialien, originale Schwarzlot und Verwitterungsprodukten von Glas und Schwarzlot. Mit Hilfe naturwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden wie Lichtmikroskopie, Rasterelektronenmikroskopie und FT-IR-Spektroskopie wurden die Morphologie und Elementzusammensetzung der Materialproben analysiert und durch den Vergleich von Referenzspektren in einer vorhandenen IR-Spektrenbibliothek Oberflächenbeläge und Festigungsmaterialien nachgewiesen.

Tabelle 1: Materialproben aus den Fenstern nVII und nVIII

Probenbezeichnung	Herkunft	Untersuchungsmethoden
P1	Innenseite nVII 6a	Rasterelektronenmikroskopie
P2	Innenseite nVII 6a	Rasterelektronenmikroskopie Infrarotspektroskopie
P3	Innenseite nVII 4b	Probematerial nicht ausreichend
P4	Innenseite nVII 4b	Rasterelektronenmikroskopie Infrarotspektroskopie
P5	Innenseite nVII 6d	Rasterelektronenmikroskopie
P6	Innenseite nVII 12b	Rasterelektronenmikroskopie Infrarotspektroskopie
A	Innenseite nVIII 8a	Rasterelektronenmikroskopie Infrarotspektroskopie
B	Außenseite nVIII 16a	Rasterelektronenmikroskopie Infrarotspektroskopie
C	Innenseite nVIII 16a	Rasterelektronenmikroskopie Infrarotspektroskopie

Die Materialproben wurden unter dem Lichtmikroskop begutachtet und fotografisch dokumentiert (Abb. 1-10). Häufig handelt es sich um spröde, schollenförmige Oberflächenbeläge, die teilweise auch schon pulverförmig vorlagen.



Abb. 1: schollenförmige Materialprobe P1

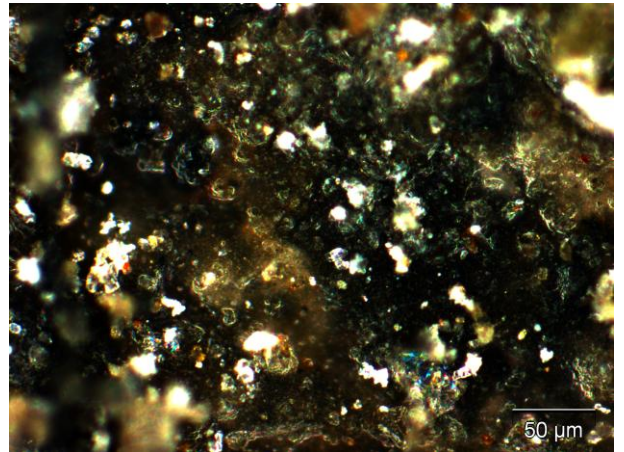


Abb. 2. Materialprobe P1 - Detail

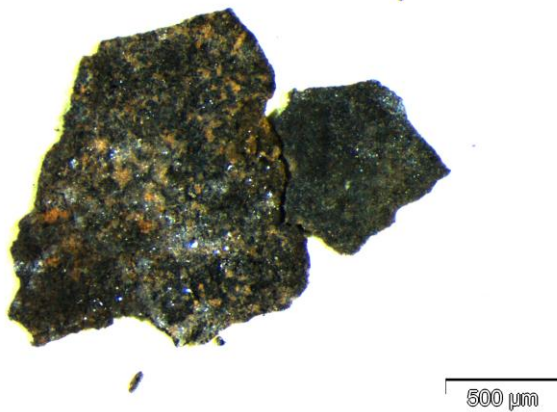


Abb. 3: schollenförmige Materialprobe P5
P5

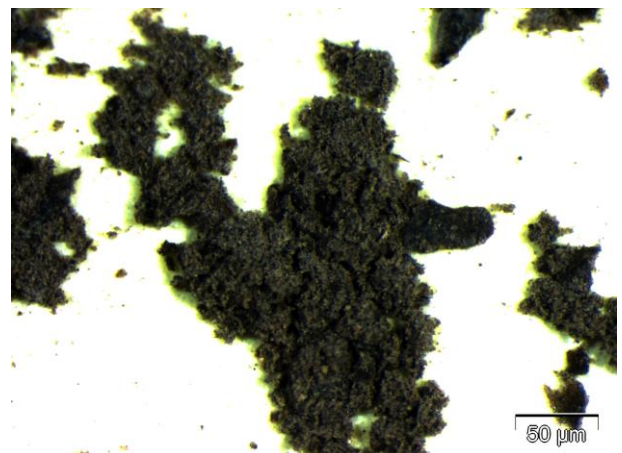


Abb. 4: pulverförmige Materialprobe

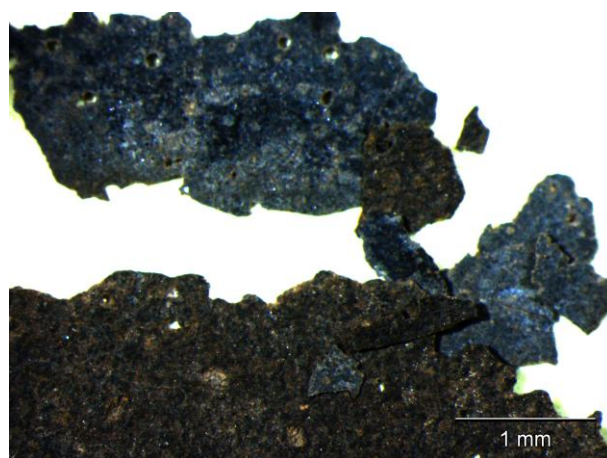


Abb. 5: schollenförmige Materialprobe P6

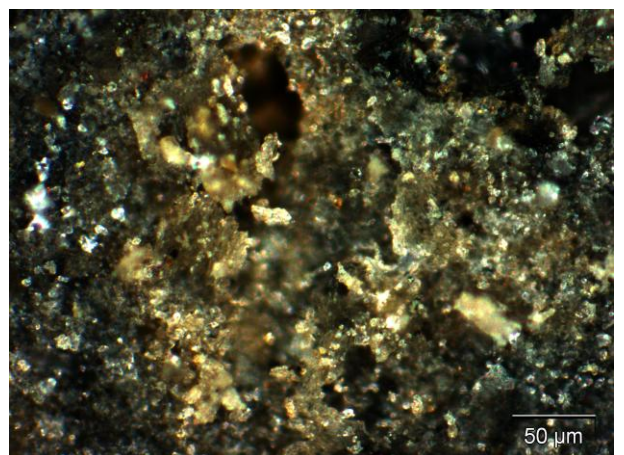


Abb. 6: Materialprobe P6 - Detail

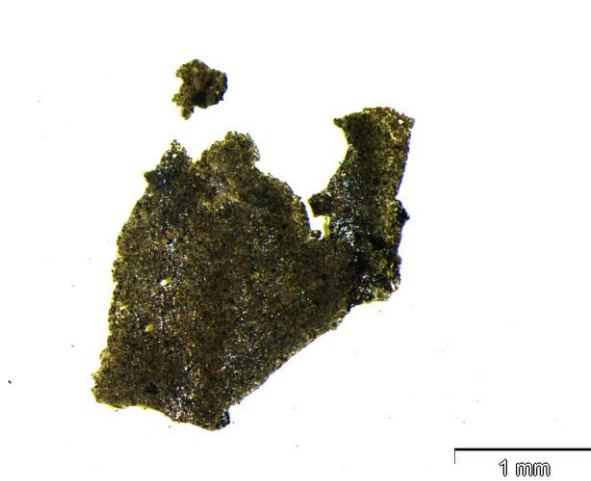


Abb. 7: schollenförmige Materialprobe A

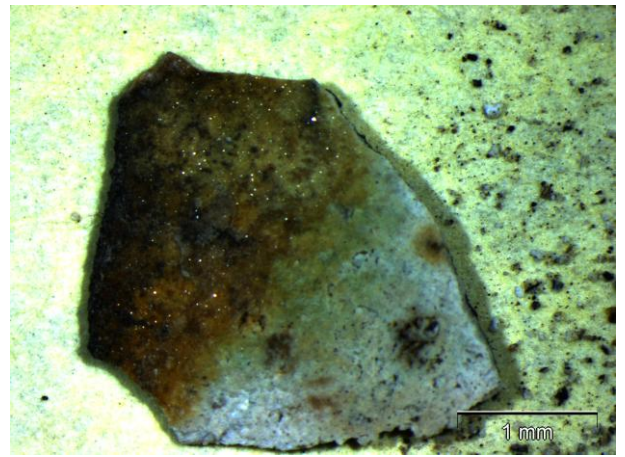


Abb. 8: schollenförmige Materialprobe

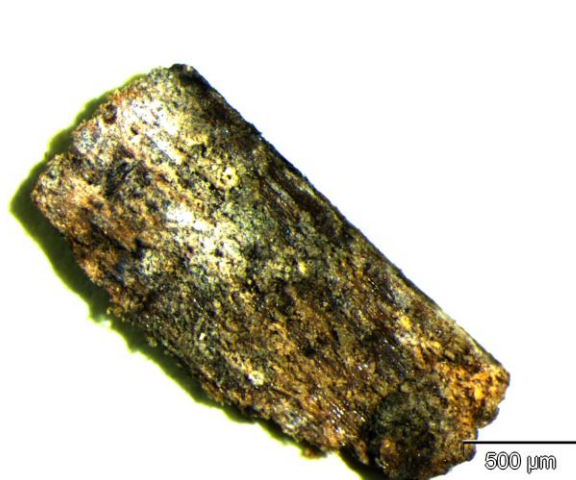


Abb. 9: schollenförmige Materialprobe C

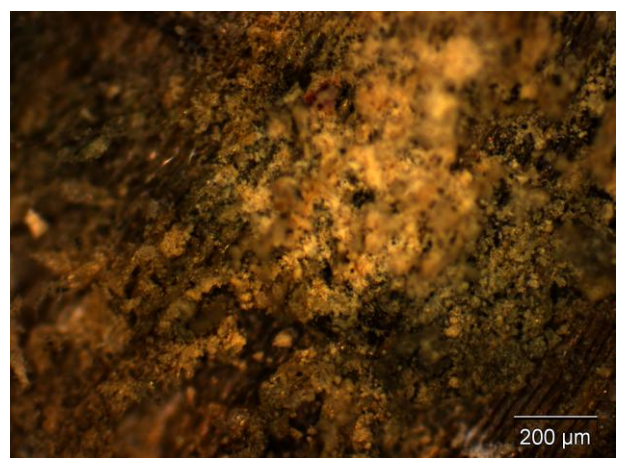


Abb. 10: Materialprobe C – Detail

Die mikroskopischen Untersuchungen erfolgten mit einem Leica-Mikroskop in 10-40-facher Vergrößerung. Glänzende und reflektierende Oberflächen deuten auf das Vorhandensein von Fixierungsmitteln hin, allerdings können Korrosionsprodukte des Glases, die sich auch schollenförmig von der Oberfläche ablösen lassen, ein ähnliches Erscheinungsbild aufweisen. Die schollenförmigen Materialproben sind sehr leicht zerbrechlich. Anhand der Oberflächenstruktur der Proben kann deutlich unterschieden werden, welche Seite der Probe dem Glas und welche Seite der Umgebung zugewandt war (s. Abb. 3 rechts/links, Abb. 5 oben/unten).

Durch die Analyse des Probematerials, sollte insbesondere die Frage beantwortet werden, ob Zaponlack nachgewiesen werden kann. Zaponlacke sind dünnflüssige, transparente Nitrolacke auf der Basis hochviskoser Cellulosenitrate (Kollodiumwolle), die in leicht flüchtigen Lösungsmitteln wie Amylacetat, Ethanol und Ethylacetat gelöst sind. Die elektronenmikroskopischen Aufnahmen (Abb.11) und Elementanalysen mit dem EDX bestätigen den lichtmikroskopischen Eindruck, dass die Materialproben sehr inhomogen sind und Bestandteile von Malschichten, die die Elemente Blei (Pb), Silizium (Si), Kupfer (Cu), Eisen (Fe) enthalten und auch aus Korrosionsprodukte mit den Hauptbestandteilen Calcium (Ca), Kalium (K) und Schwefel (S).

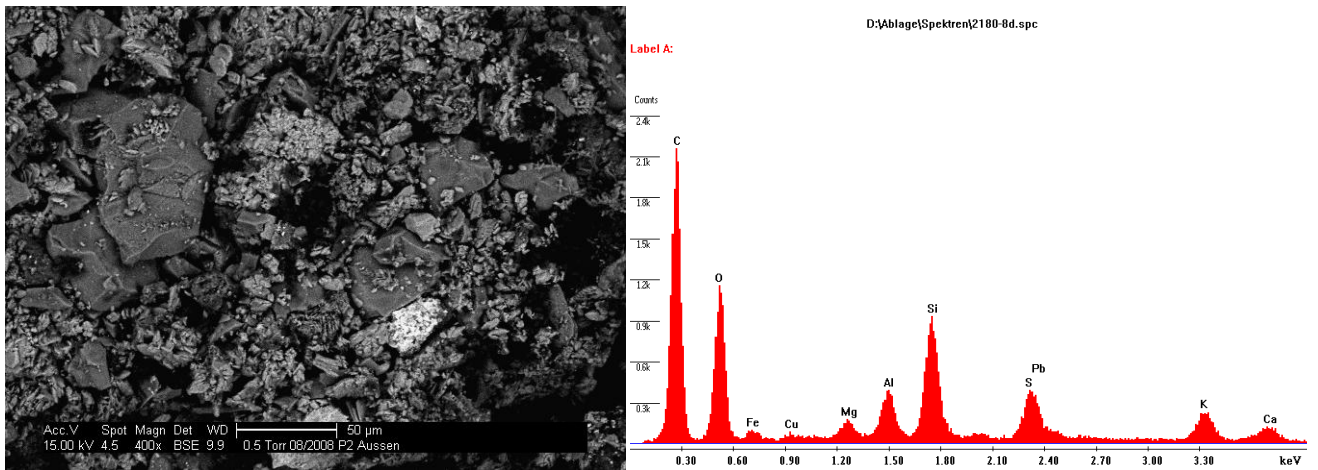


Abb.11: Elektronenmikroskopische Aufnahme der Materialprobe (P2) und Elementanalyse (EDX)

Anhand der EDX-Spektren lässt sich aus der Kombination der analysierten Elemente aufgrund der vorhandenen Erfahrung auf die möglichen Verbindungen schließen. Als Hauptbestandteile der Korrosionsprodukte ergeben sich somit Calciumsulfat (Gips) und Syngenit, wobei die Anwesenheit von Syngenit darauf hindeutet, dass eine Glaskorrosion möglicherweise immer noch stattfindet. In einigen Proben wurden auch Reste der Glasmatrix nachgewiesen (Al, Na, Mg, Si, K, Ca). Malschichtreste konnten ebenfalls anhand ihrer Hauptkomponenten in mehreren Proben gefunden werden (Pb, Cu, Fe). Zaponlack kann anhand der EDX-Spektren nicht nachgewiesen werden, allenfalls kann man aus der Anwesenheit von Kohlenstoff auf einen Nitrocelluloselack schließen. Daher erfolgten die weiteren Untersuchungen der Materialproben mit Hilfe der FT-IR-Spektroskopie. Hierbei können durch den Vergleich mit vorhandenen Bibliotheksspektren Verbindungen exakt identifiziert werden. Als Korrosionsprodukte wurden so in den Materialproben eindeutig Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) und CaCO_3 nachgewiesen.

Bei einer Probe aus dem Feld nVIII 8a, die sehr dünn und nahezu homogen war, ergab die Messung an verschiedenen Probestellen eine eindeutige Übereinstimmung mit dem Spektrum von Cellulosenitrat, dem Hauptbestandteil von Zaponlack (Abb. 12).

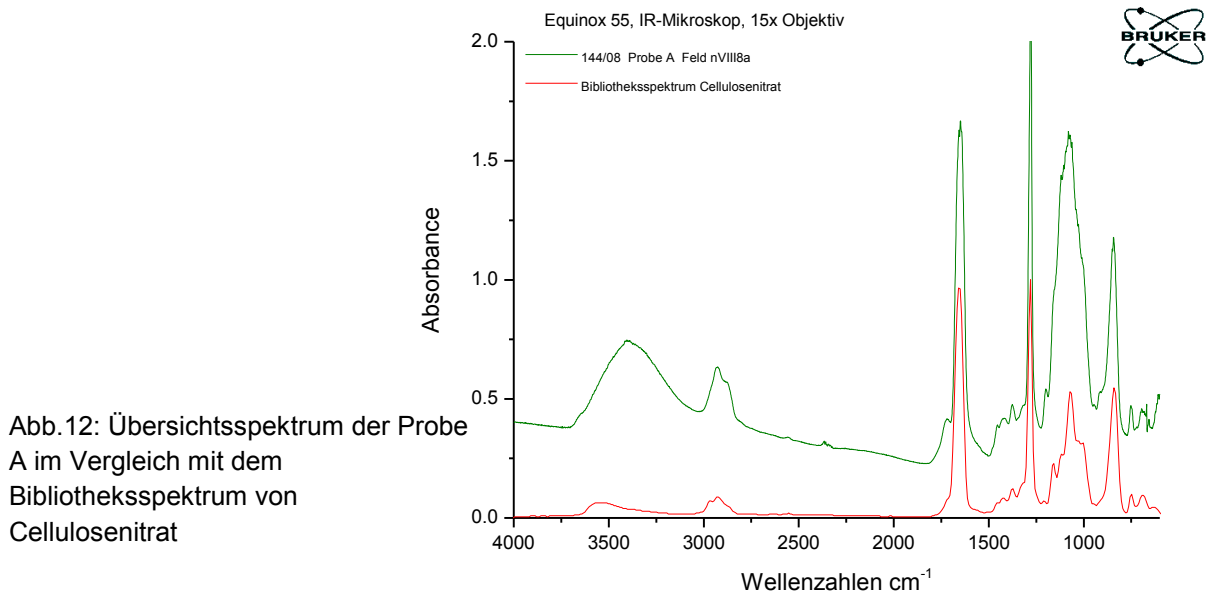


Abb.12: Übersichtsspektrum der Probe A im Vergleich mit dem Bibliotheksspektrum von Cellulosenitrat

Ein vergleichbares Spektrum ergab sich an Modellproben, die mit Zaponlack (eigener Bestand aus den 1980-er Jahren) beschichtet wurden (Abb.13).

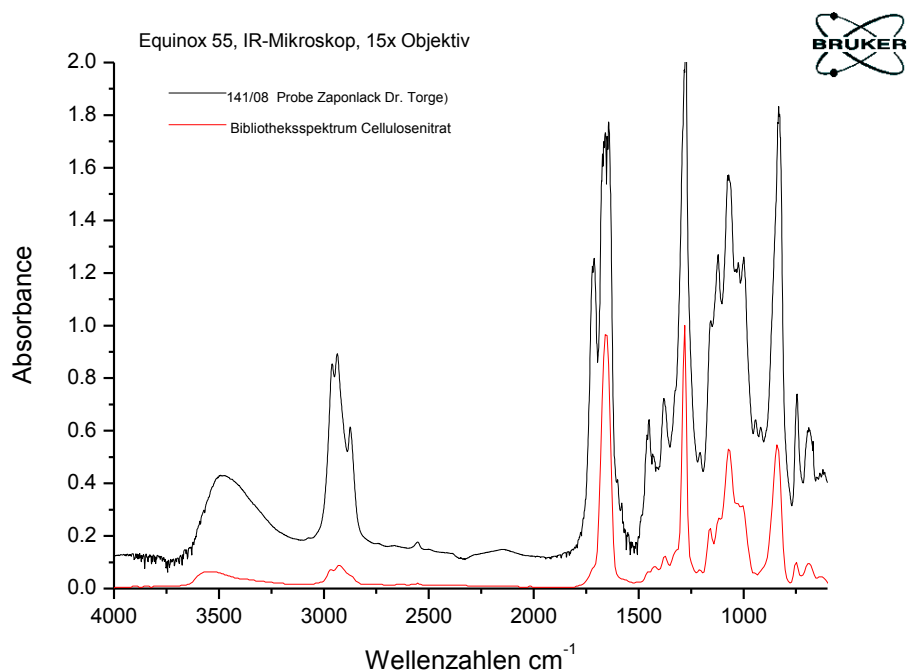


Abb. 13: Übersichtsspektrum der Modellprobe mit Zaponlackbeschichtung im Vergleich mit dem Bibliotheksspektrum von Cellulosenitrat

Tabelle 2: Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse

Probebezeichnung	Analysenergebnisse
P1	Calciumsulfat (Ca, S), Malschichtreste (Pb, Si, Cu, Fe), Gelschichtreste (Si)
P2	Calciumsulfat ($\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Malschichtreste (Pb, Si, Cu, Fe), Gelschichtreste (Si), Bleiverbindungen (Pb, C, S)
P4	Calciumsulfat ($\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Bleiverbindungen (Pb, C, S)
P5	Calciumsulfat (Ca, S), Gelschichtreste (Si)
P6	Calciumsulfat ($\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Bleiverbindungen (Pb, C, S)
A	Syngenit (K, Ca, S), Calciumsulfat ($\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Malschichtreste (Pb, Si, Cu, Fe), Glasbestandteile (Na, Mg, Al, Si), Zaponlack
B	Calciumsulfat ($\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Calciumcarbonat, (CaCO_3) Malschichtreste (Pb, Si, Cu, Fe), Zaponlack
C	Gips($\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Malschichtreste (Pb, Si, Cu, Fe), Blei (Pb), Gelschichtreste (Si), nicht identifizierte Verbindungen mit Zink (Zn) und Chlor (Cl) als Bestandteil

Weitere charakteristische elektronenmikroskopische Oberflächenabbildungen der Proben, EDX-Elementanalysen (Abb. 60-82) und typische IR-Spektren befinden sich im Anhang.

2. Herstellung von Materialproben mit Zaponlackbeschichtungen, künstliche Alterung im Klimaschrank und analytische Untersuchungen zu Materialveränderungen

Die Untersuchungen zu Veränderungen von Zaponlackbeschichtungen unter simulierten Umweltbedingungen erfolgten an präparierten Modellproben. Als Fixierungsmaterial wurde ein Zaponlack aus eigenem Bestand aus den 1980-er Jahren verwendet. Die Beschichtungen erfolgten mit dem Pinsel auf farblosen Flachglasproben mit den Abmessungen 20 x 45 mm. Die Glasproben wurden auf einer Oberfläche komplett bzw. nur partiell beschichtet und anschließend vier Wochen unter Umgebungsbedingungen getrocknet. Das Alterungsverhalten von Zaponlack wurde unter zeitraffenden Bedingungen in Klimaschränken bei unterschiedlichen Simulationsszenarien getestet. Die Modellproben wurden zunächst unter simulierten Umweltbedingungen in einem Schadgas-Klima-Prüfschrank einer 4-wöchigen Belastung durch Temperatur und Feuchtigkeitswechsel im Bereich zwischen 40 bzw. 10°C und 50 bzw. 80% r.F. ausgesetzt und gleichzeitig mit dem Schadgas SO₂ belastet (Klima 1). Bei dieser Bewitterung wurden keinerlei Schäden der Beschichtungen festgestellt. Anschließend erfolgte eine Bewitterung für 885 h bei konstanter Temperatur von 50 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 10% r.F. unter dem Einfluss von UV-Strahlung mit einer Bestrahlungsstärke von ca. 45 W/m² im Global-UV-Testgerät (Klima 2). Danach schloss sich eine weitere Bewitterung unter den Bedingungen von Klima 1 an.



Abb. 14: Schadgasklimaprüfschrank VSK 300 (Klima 1)



Abb. 15: Global UV-Testgerät UV 200 (Klima 2)

Die Alterung der Zaponlackbeschichtung wurde in einer deutlichen Vergilbung nach der UV-Belastung sichtbar (Abb. 16).

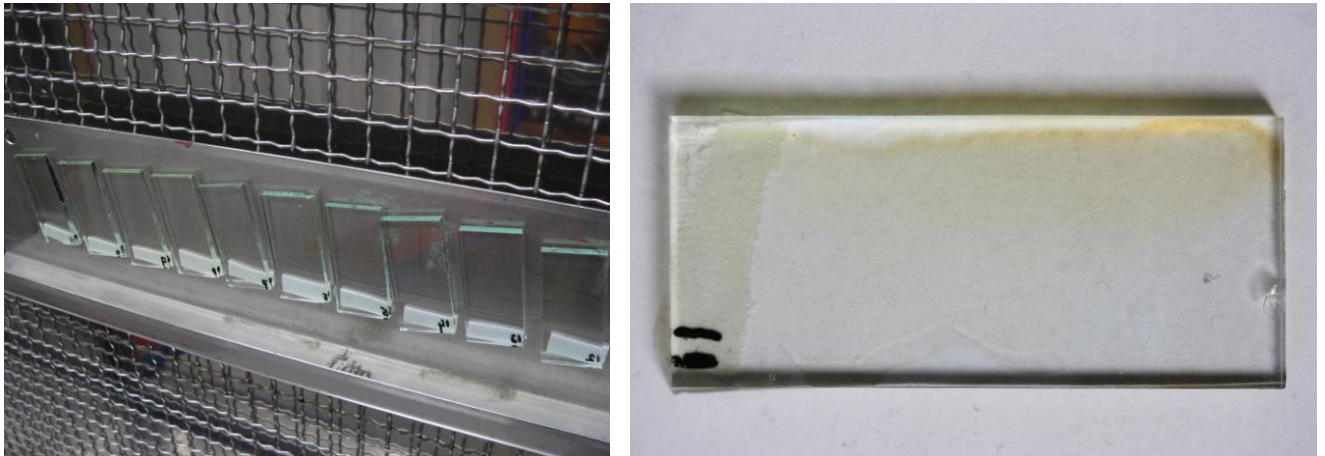
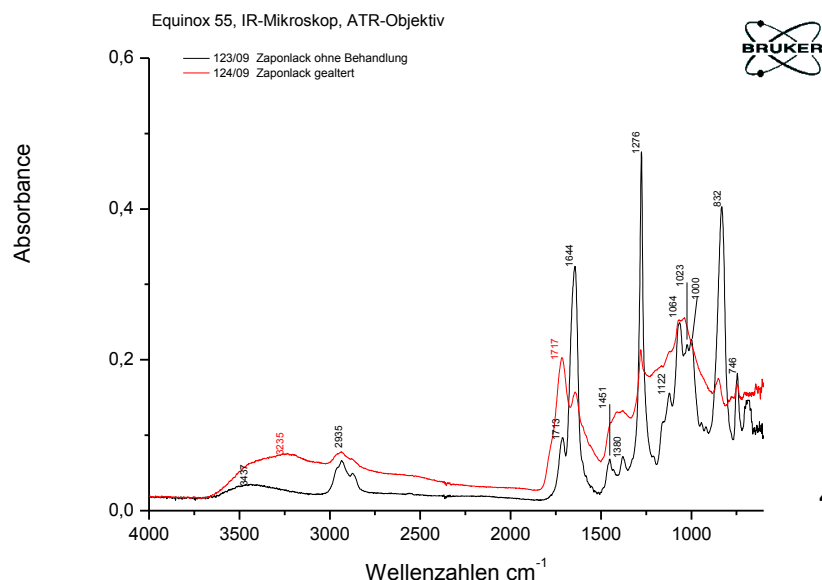


Abb. 16: Modellproben im Global-UV-Testgerät partiell vergilbt (rechts Detail)

Die Charakterisierung von Veränderungen der Materialproben erfolgte am an das FT-IR-Spektrometer Equinox 55 gekoppelte IR-Mikroskop. Abb.17 zeigt eine Gegenüberstellung von IR-Spektren der nicht gealterten und gealterten Zaponlackproben. Nicht gealterter Zaponlack zeigt charakteristische Banden der Nitrozellulose bei 1644 cm^{-1} und 1276 cm^{-1} (asymmetrische und symmetrische Strecksschwingungen der $-\text{O}-\text{NO}_2$ -Gruppen) sowie bei 832 cm^{-1} (Deformationsschwingungen der CH_2 -Gruppen), die bei der gealterten Probe deutlich reduziert sind. Anstelle der Bande bei 1644 cm^{-1} dominiert jetzt die Bande bei 1717 cm^{-1} , die bei der frischen Probe nur in geringer Intensität vorliegt. Diese Bande könnte möglicherweise auf die Bildung von $\text{C}=\text{O}$ Gruppen im Rahmen der Alterung hinweisen, da diese Schwingung typischerweise nach Oxidation von Cellulose beobachtet wird (G. Socrates, Infrared and Raman Characteristic Group Frequencies, 3rd edition, S. 330). Weiterhin fällt auf, dass die gealterte Probe eine Zunahme im Bereich der OH-Streckschwingungen im Spektralbereich $3437\text{ cm}^{-1} - 3235\text{ cm}^{-1}$ aufweist.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Alterungsprozess zu signifikanten strukturellen Veränderungen des Ausgangsmaterials geführt hat.

Abb. 17: Vergleich der IR-Spektren von neuen und gealterten Zaponlackbeschichtungen auf Glas



3. Untersuchungen zur Anlösbarkeit und Abnahme der gealterten Zaponlackbeschichtungen auf Modellgläsern und Überprüfung der Übertragbarkeit auf die Originale

Die Reversibilität der Zaponlackbeschichtungen wurde an Modellproben geprüft, die mit Zaponlack beschichtet und anschließend im Klimaschrank unter simulierten Umweltbedingungen und dem Einfluss von Schadgasen und UV-Strahlung gealtert worden sind (s. Kap. 2). Die Versuche zur Ablösung von Zaponlack erfolgten mit Hilfe folgender chemischer Substanzen:

1. Aceton
2. Alkohol
3. Ethylacetat
4. Spiritus

Mittels eines mit den Lösungsmitteln getränkten Wattestabes konnten die Zaponlackschichten durch leichtes Wischen von den Oberflächen gelöst werden. Eine rückstandslose Entfernung der Beschichtungen war nach relativ kurzer Zeit mit Aceton und Ethylacetat möglich. Handelsüblicher Spiritus ist ebenfalls bei etwas längerer Behandlungsdauer einsetzbar. Mit Alkohol war nur eine partielle Entfernung der Zaponlackschichten von der Oberfläche bei gleicher Behandlungsdauer möglich.



Abb. 18:

Vergilbte Zaponlackbeschichtungen nach Bewitterung im Klimaschrank

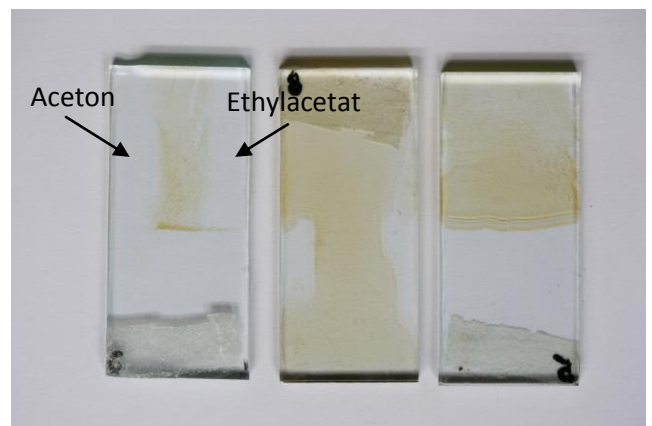


Abb. 19:

Die Beschichtung der linken Modellprobe wurde partiell mit Aceton (Bereich links) und Ethylacetat (Bereich rechts) entfernt

In Anknüpfung an die in der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin (BAM) durchgeführten Versuche an Modellglasproben zur Reversibilität von Zaponlackbeschichtungen wurden in der Glaswerkstatt des Erfurter Domes weitere Lösungstests an Zaponlackschichten auf den Originalen durchgeführt und in einem Protokoll wie folgt beurteilt:

„Die Versuche sollten dazu dienen, die von der BAM Berlin gewonnenen Erkenntnisse über mögliche Lösungsmittel (Aceton, Alkohol, Ethylacetat und Spiritus) unter praxisnäheren Bedingungen zu testen und ggf. zu spezifizieren. Im Unterschied zu den in Berlin an im Klimaschrank vorgewitterten Zaponlackschichten dienten zur Beprobung Originalmaterial der Zeit um 1911 von einer der aktuell in Bearbeitung befindlichen Scheiben.

Dazu wurden vom unteren linken Rand (3cm links, 1cm unten) des Feldes nord VIII, 6b ein hochstehendes, loses Zaponlackfragment mit der Pinzette entnommen, mit Skalpell in vier gleich große Stücke (von je ca. 4 Quadratmillimeter) unterteilt und auf einem klaren Trägerglas aufgelegt.

Die vier Proben wurden in einem ersten Schritt jeweils mit drei Tropfen der o. g. Substanzen benetzt. In der Folge war zu beobachten, dass bei dieser sowohl temporär als auch quantitativ vergleichsweise geringen Einwirkung der Lösungssubstanzen, die Mittel im Falle von Spiritus und Alkohol sehr schnell verfliegen. Das Zaponlackhäutchen lag in beiden Fällen anschließend oberflächlich auf und war frei beweglich. Veränderungen (wie eine erste Anlösung oder Formveränderung) waren lichtmikroskopisch nicht zu erkennen. Im Falle der Einwirkung von Ethylacetat und Aceton hafteten die Zaponlackhäutchen an der Oberfläche der hier weniger schnell verfliegenden Lösungsmittel. Eine Anlösung des Zaponlacks war zu vermuten aber nicht eindeutig sichtbar.

In einem zweiten Schritt wurden anschließend die vier Proben mit den vier o. g. Lösungsmitteln intensiver betropft, deren Oberfläche durch vorsichtiges Reiben mit Wattestäbchen behandelt und die Reste nochmals zur besseren Lösung mit Skalpell zerteilt. Der Vorgang dauerte jeweils etwa 1 Minute. Am schlechtesten schnitt bei diesen Versuchen das Mittel Spiritus ab. Hier löste sich der Zaponlack vergleichsweise langsam, die Restscholle ließ sich nur schwer zerteilen. Während dessen löste sich der Zaponlack in Alkohol und auch in Aceton etwa gleich gut – und insgesamt besser als in Spiritus. Noch besser erwies sich die Lösbarkeit im Falle von Ethylacetat, zumal dieses Mittel im Vergleich zu den anderen am langsamsten abtrocknete. Die nach ca. 1 min und der o. g. Behandlung verbliebenen Zaponlackrückstände waren hier am geringsten. In allen vier Fällen blieb ein schleierartiger Fleck mit Feuchtigkeitsrand zurück“.

Bei einer kurzzeitigen Einwirkdauer der Lösungsmittel sollten keine Schäden für das Glas zu erwarten sein. Ob sich Veränderungen bei längerer Einwirkdauer in den Gelschichten ergeben, müsste jedoch elektronenmikroskopisch am Glasquerschnitt untersucht werden. Bei der Anwendung von Ethylacetat zur Ablösung von Zaponlackresten auf mittelalterlichen Gläsern ist zu beachten, dass Ethylacetat eine geringe Wasserlöslichkeit hat, wobei Ethylacetat unter der Einwirkung von Licht und Luftfeuchtigkeit langsam in Ethanol und Essigsäure (!) zerfällt und allmählich sauer reagiert. Es ist daher nicht ratsam mit Wasser nach zu waschen, sondern die behandelten Stellen mit Alkohol zu reinigen, um so auch Feuchtigkeitsrückstände zu vermeiden. Die Ergebnisse im Labor und in der Werkstattpraxis wurden gemeinsam ausgewertet und diskutiert. Die Anwendbarkeit der Methode wurde als positiv eingeschätzt. Nach Abwägung aller konservatorischen Risiken werden alle noch vorhandenen Zaponlackbeläge, soweit aus konservatorischer Sicht vertretbar, mit Aceton entfernt.

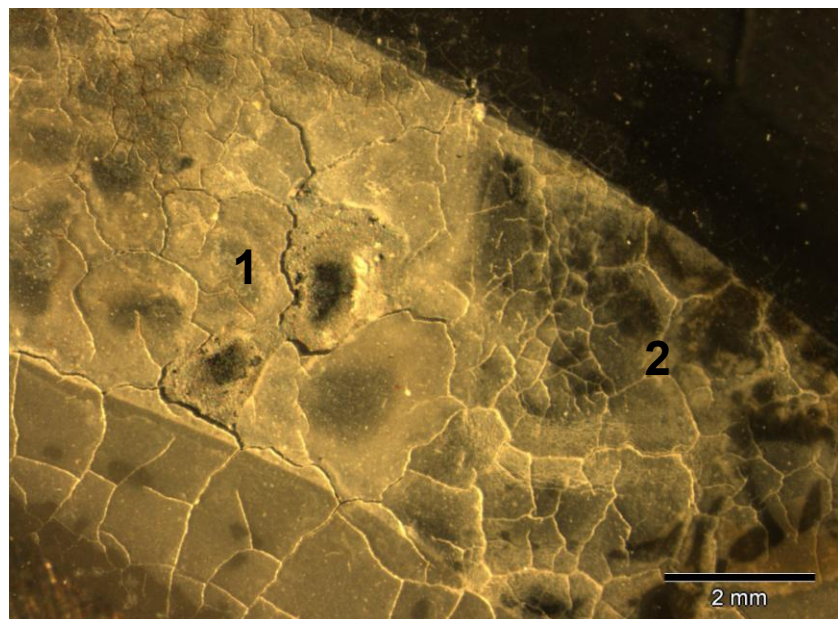
4. Modifizierung der Wachssicherungsmethode entsprechend den Erfordernissen der Originalproben

Die an Modellproben gewonnenen Untersuchungsergebnisse zur Neusicherung von Malschichten auf Wachsbasis und zur Refixierung von mit Wachs gesicherten Schwarzlotbereichen sind 2004 veröffentlicht worden¹. Die aus diesem Projekt noch vorhandenen Modellproben mit Malschichtfestigungen auf der Basis von Bienenwachs-/Carnaubawachsgemischen dienen als Basis für weitere Untersuchungen zum Einfluss von gealtertem Zaponlack und sich daraus ergebende Veränderungen der Refixierungsmethode. An den Modellproben mit lockerer Schwarzlotbemalung, wurde eine Schwarzlotsicherung mit Bienenwachs-/Carnaubawachsgemischen durchgeführt, so wie sie auch in der Restaurierungspraxis des Erfurter Domes in den 1980-er Jahren angewendet worden ist. Zusätzlich erfolgte eine partielle Tränkung der Wachssicherung mit Zaponlack. Die Modellproben wurden anschließend unter simulierten Umweltbedingungen in Klimaschränken unter den Bedingungen von Klima 1 und Klima 2 bewittert und so das Zaponlack/Wachsgemisch künstlich gealtert (siehe Kapitel 3).

Ob eine Modifizierung der in der Werkstattpraxis üblichen Wachssicherungsmethode aufgrund von Zaponlackanteilen im Wachs notwendig ist, wurde an den gealterten Proben getestet. Dazu wurden die Modellproben vorsichtig auf dem Heitzisch in Schritten von 10 K von Raumtemperatur bis auf 100 °C erhitzt und Veränderungen unter dem Mikroskop dokumentiert.

Abb. 20:

Modellprobe A, gealtert, auf 40 °C erhitzt, links geschädigte Schwarzlot-Wachsfestigung (1), rechts im Bild zusätzlich mit Zaponlack vermischt (2)



Auf den Bildern ist jeweils eine Schwarzlotsicherung mit Bienenwachs-/Carnaubawachsgemisch dargestellt, wobei die rechte Seite zusätzlich mit Zaponlack getränkt ist. Unterschiede in beiden Bereichen wurden erst im Temperaturbereich zwischen 70°C und 90°C sichtbar (vgl. Abb. 21 und Abb. 22). In Abb. 22 sind die Risse

¹ Manfred Torge, Wolfgang Müller, Karin Adam, Mittelalterliche Glasmalerei im Dom zu Erfurt, Restaurierung und Konservierung, Edition Leipzig 2004, S. 87-92

auf der rechten Seite in der Wachsicherung wieder stärker geschlossen als auf der linken Seite. Offensichtlich erweicht die Wachsmischung leichter, wenn sie zusätzlich Zaponlack enthält.

Abb. 21:

Modellprobe A, gealtert, auf 70 °C erhitzt, links geschädigte Schwarzlot-Wachsfestigung, rechts im Bild zusätzlich mit Zaponlack vermischt

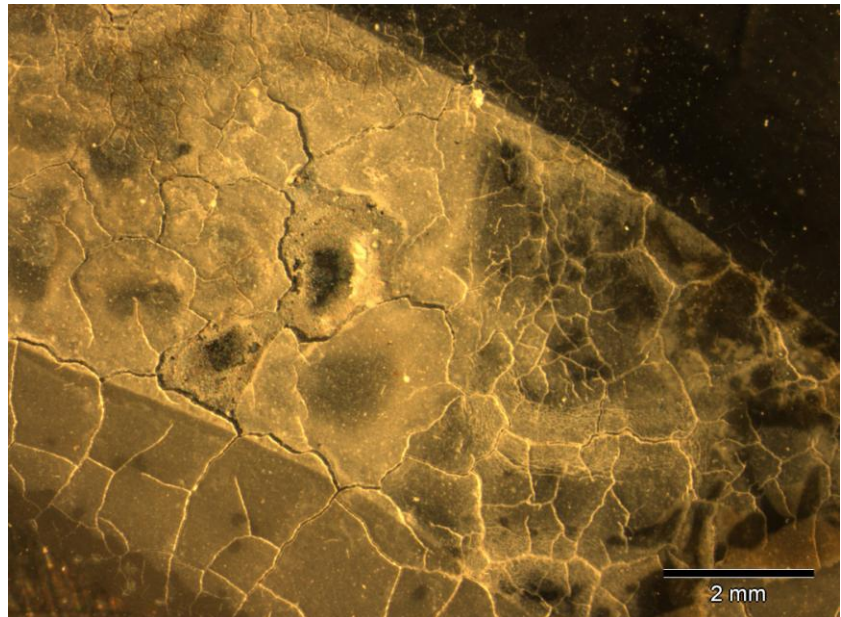
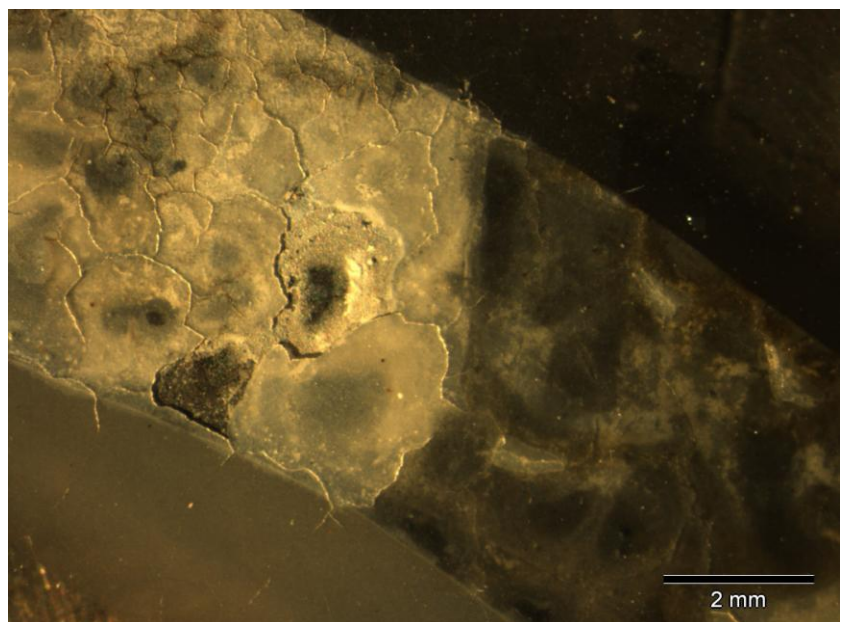


Abb. 22:

Modellprobe A, gealtert, auf 90 °C erhitzt, links geschädigte Schwarzlot-Wachsfestigung, rechts im Bild zusätzlich mit Zaponlack vermischt (Oberflächenrisse durch Temperaturbehandlung geschlossen)



In den Bereichen, wo sich das Bienenwachs-/Carnaubawachsgemisch nur sehr dünn unmittelbar auf der Glasoberfläche befindet, ist es ebenfalls bei 90 °C vollständig aufgeschmolzen (vergl. Abb. 21 und Abb. 22 links unten).

Da die Felder bei der Refixierung der Wachsicherung in der Werkstattpraxis nur auf max. 40 °C erwärmt werden, kann die Nachsicherungsmethode unverändert angewendet werden. Das Erweichen und unkontrollierte Verlaufen des Wachs-/Zaponlackgemisches ist bei dieser Temperatur nicht zu erwarten. Ein Haftvermittler sollte nur dort eingesetzt werden, wo er direkt mit dem Glas in Kontakt treten kann.

5. Untersuchungen an Materialproben auf Gläsern der 19. Jahrhunderts

Im mittelalterlichen Feld n VIII 16a befinden sich neben den originalen Glassegmenten auch zahlreiche Ergänzungen von Gläsern, die bei Restaurierungen im 19. Jahrhundert in den Bestand eingesetzt worden sind.

Zur Identifizierung der Zusammensetzung von Oberflächenbelägen, die als harte Krusten auf beiden Seiten dieser ergänzten Glassegmenten festgestellt wurden, erfolgte eine Probenahme durch die Restauratoren in der Werkstatt des Erfurter Domes. Es wurden insgesamt vier Proben für die Untersuchungen zur Verfügung gestellt.

P1: Pulverprobe von der Innenseite des Feldes n VIII 16a mit schollenförmigen Abplatzungen, Oberfläche dunkel mit Unebenheiten, Seite zum Glas eben und heller (Abb. 23, 24).

P2: Pulverprobe von der Außenseite des Feldes n VIII 16a, Oberfläche sehr dunkel, Seite zum Glas eben und hell mit dünner transparenter Schicht, die sich bei der Präparation der Probe leicht ablöst (Abb. 25, 26).

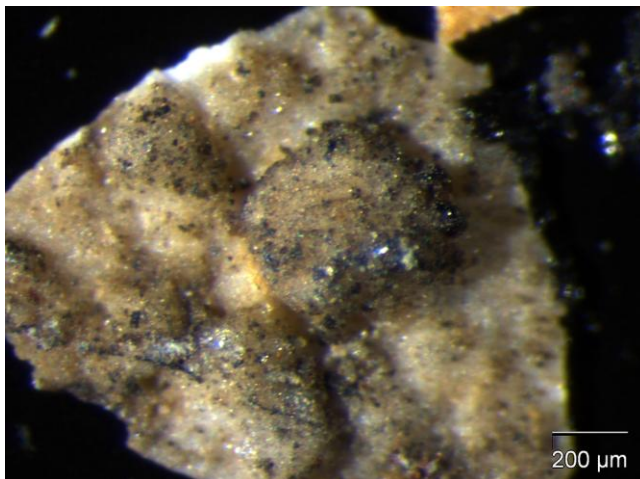


Abb. 23: Oberfläche der Probe P1

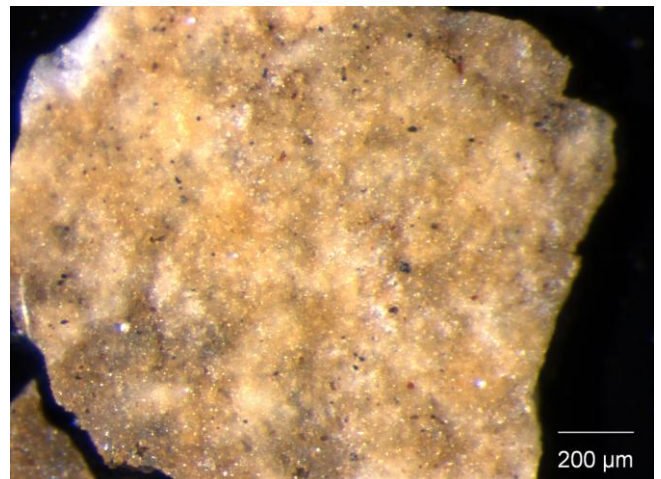


Abb. 24: dem Glas zugewandte Seite der Probe P1

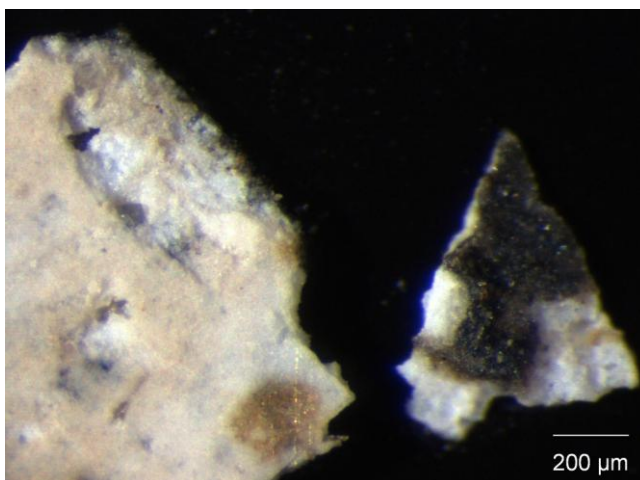


Abb. 25: Probe P2, rechts Oberfläche, links dem Glas zugewandte Seite

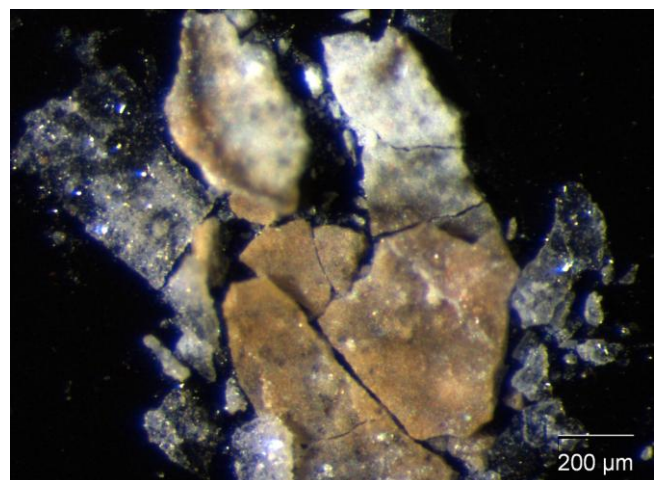


Abb. 26: Probe P2, dem Glas zugewandte Seite mit dünner transparenter Schicht

Die Untersuchungen der Materialproben erfolgten mit dem Environmental Scanning Electron Microscope (ESEM). Die Proben wurden jeweils mit der Vorder- bzw. Rückseite auf einen Probeträger geklebt (s. Abb. 1-4) und ohne weitere Präparation analysiert.

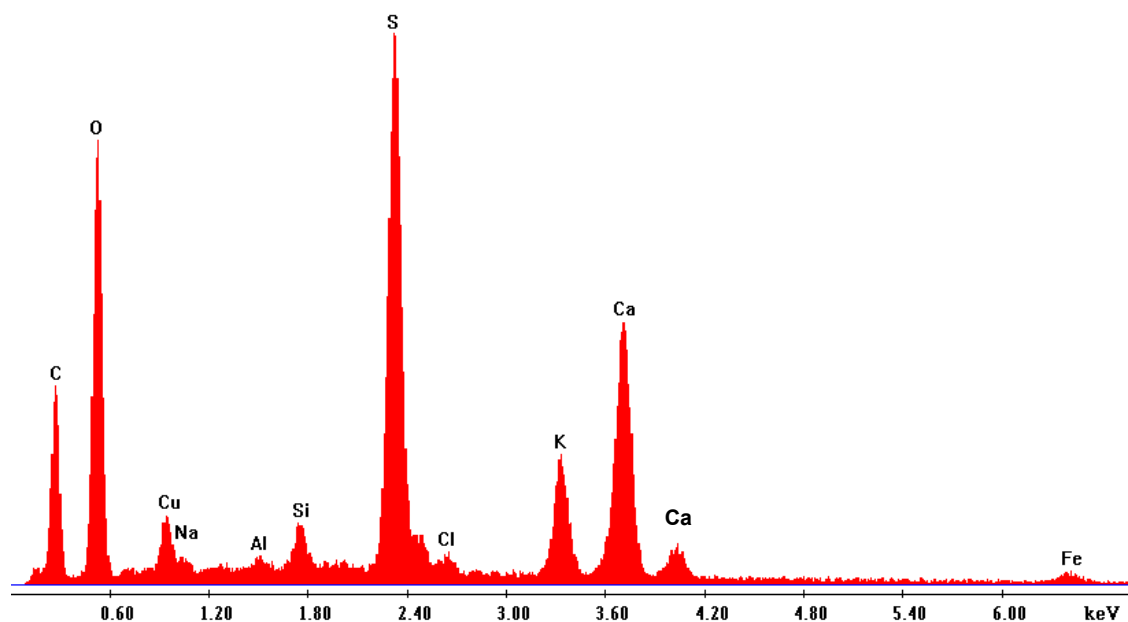
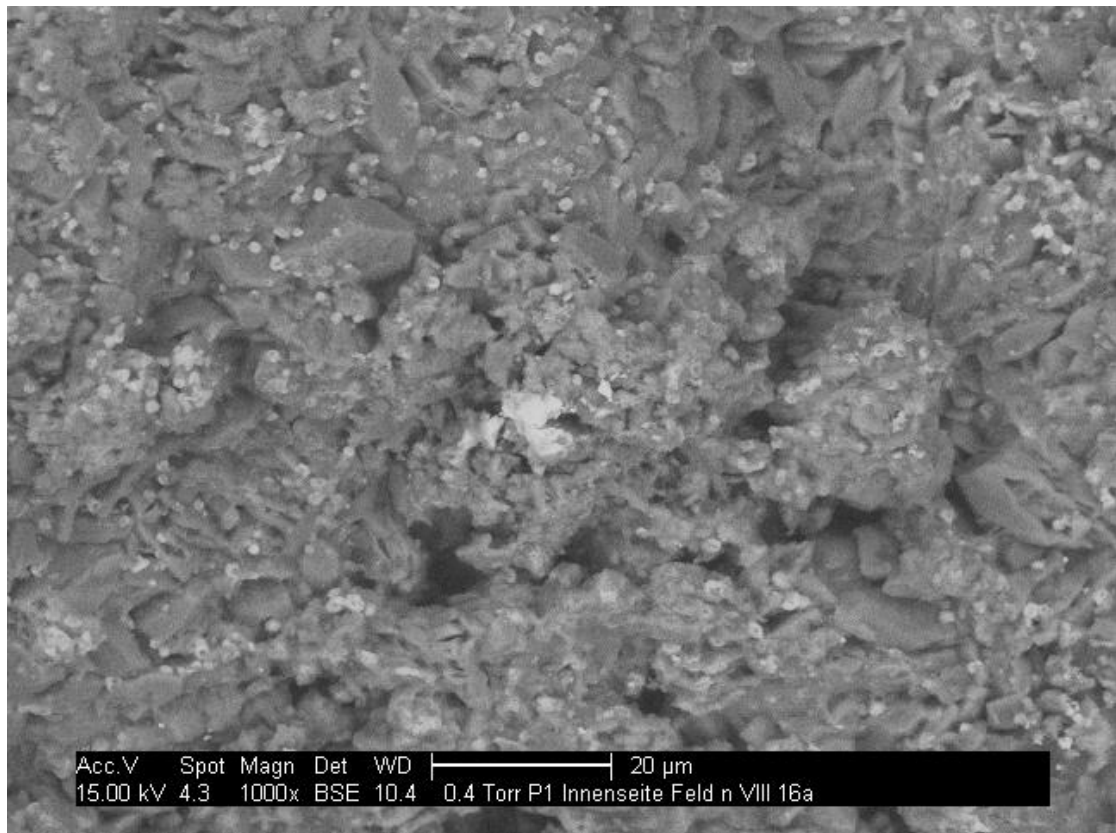


Abb. 27, 28: **Oberfläche der Probe P1** (s. Abb. 23)

oben: elektronenmikroskopische Aufnahme der Oberfläche

unten: EDX-Elementanalyse auf der Oberfläche

Die Hauptbestandteile Calcium (Ca), Kalium (K) und Schwefel (S) weisen auf Syngenit und Gips hin. Kupfer (Cu), Eisen (Fe) und Silizium (Si) können Bestandteile von Malschichten sein.

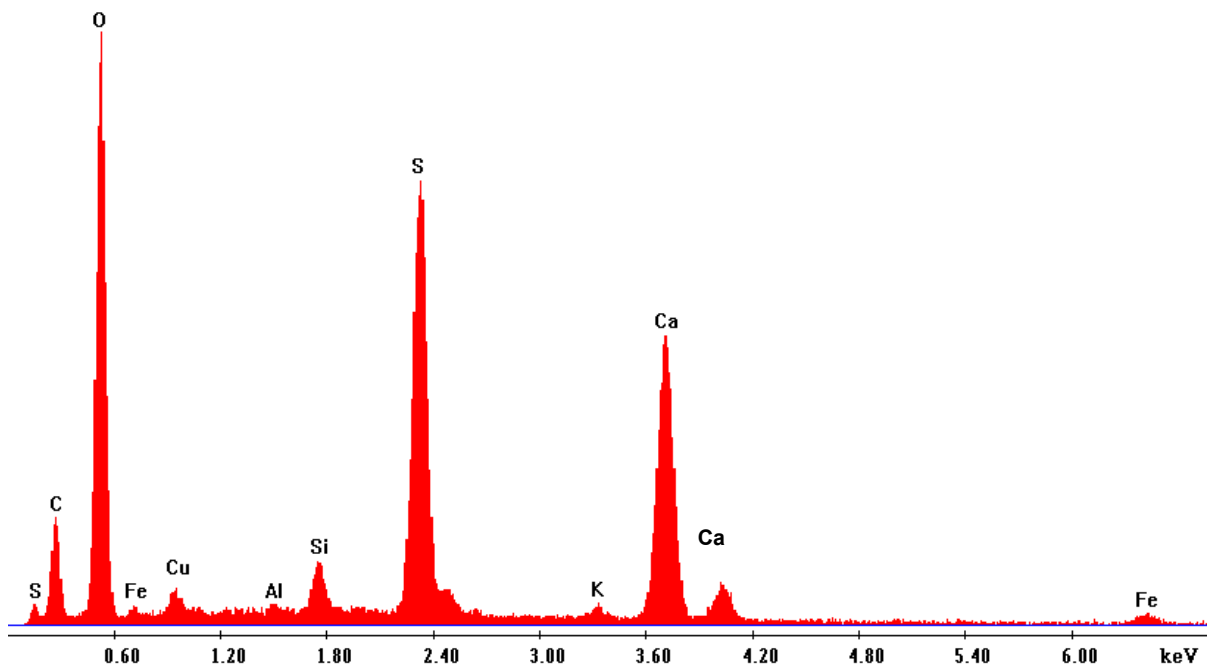
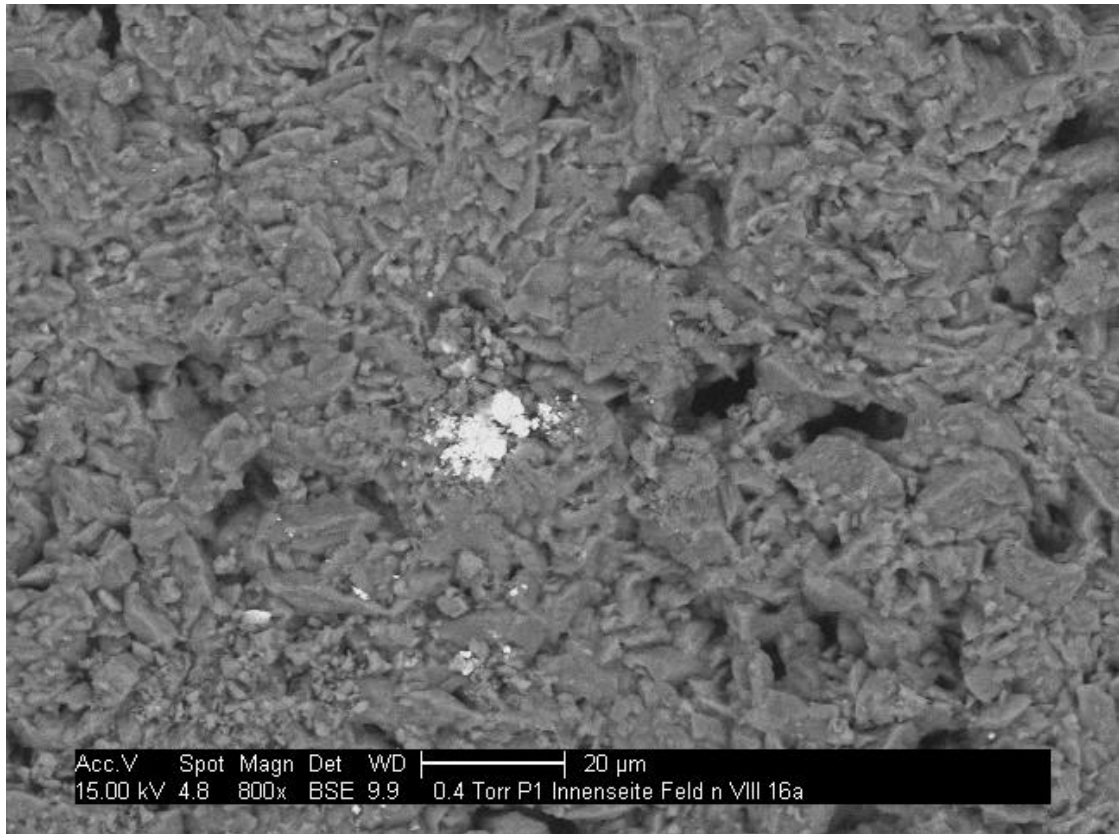


Abb. 29, 30: **Probe 1, dem Glas zugewandte Seite** (s. Abb. 24)

oben : elektronenmikroskopische Aufnahme der Oberfläche

unten: EDX-Elementanalyse auf der Oberfläche

Die Hauptbestandteile Calcium (Ca) und Schwefel (S) weisen auf Gips hin. Kupfer (Cu), Eisen (Fe) und Silizium (Si) können Bestandteile von Malschichten sein.

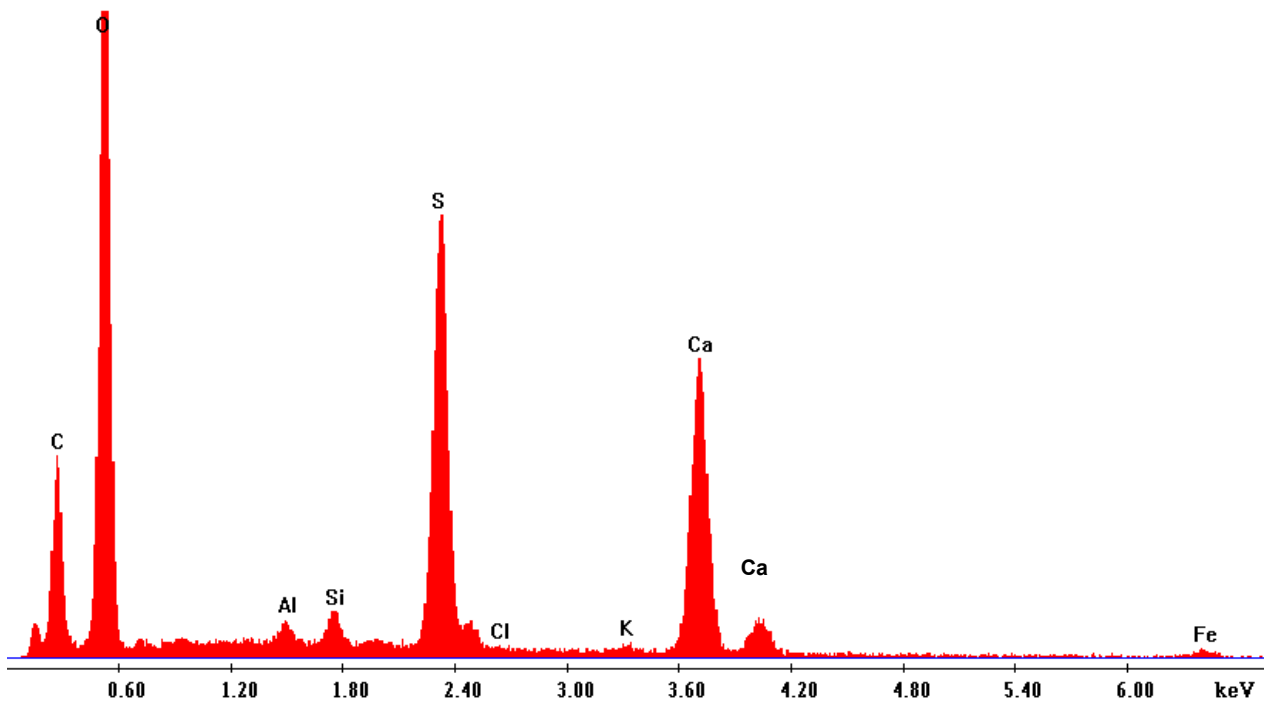
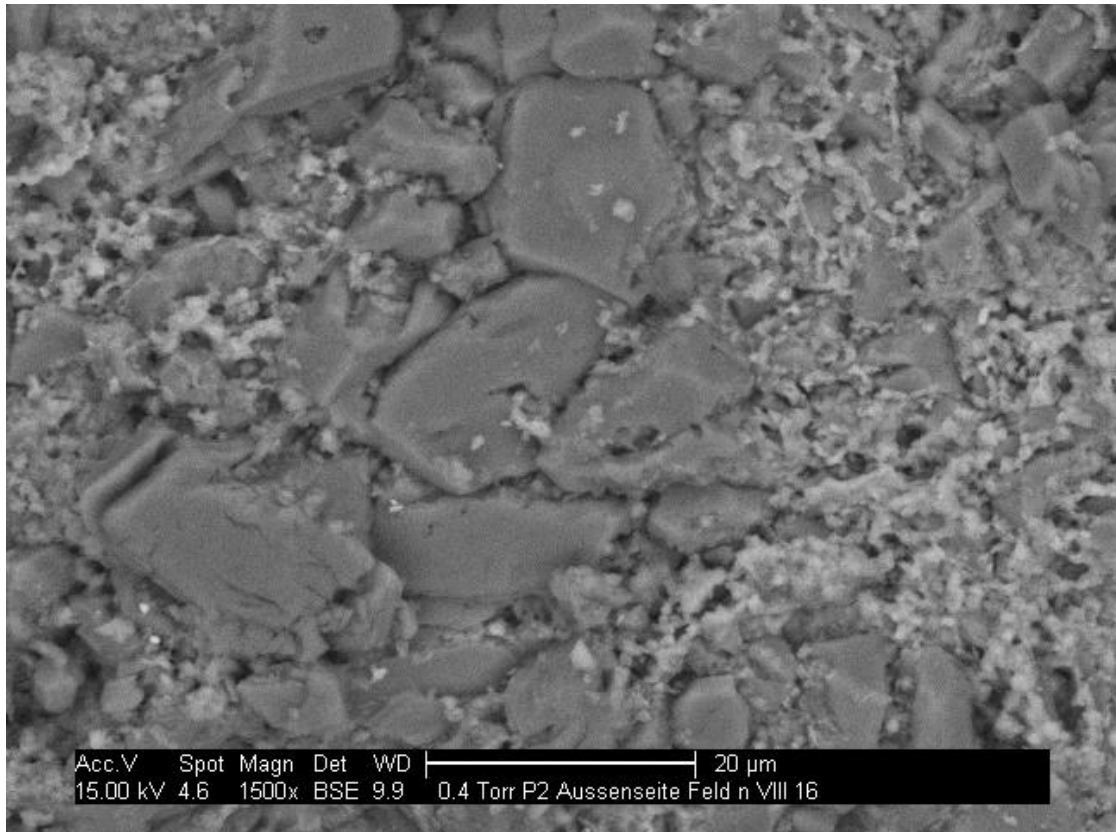


Abb. 31, 32: **Probe 2, dem Glas zugewandte Seite** (s. Abb. 25)

oben : elektronenmikroskopische Aufnahme der Oberfläche

unten: EDX-Elementanalyse auf der Oberfläche

Die Hauptbestandteile Calcium (Ca) und Schwefel (S) weisen auf Gips hin, geringe Anteile von Eisen (Fe) deuten auf Rostablagerungen in der Oberfläche hin.

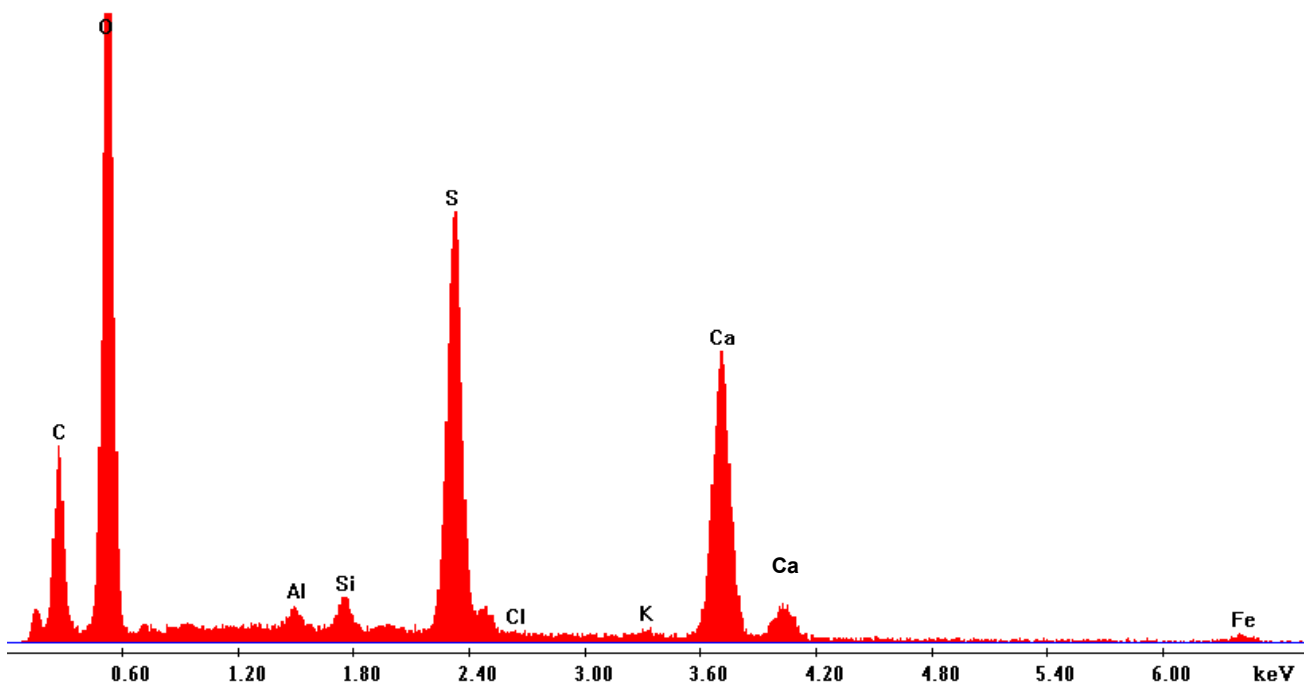
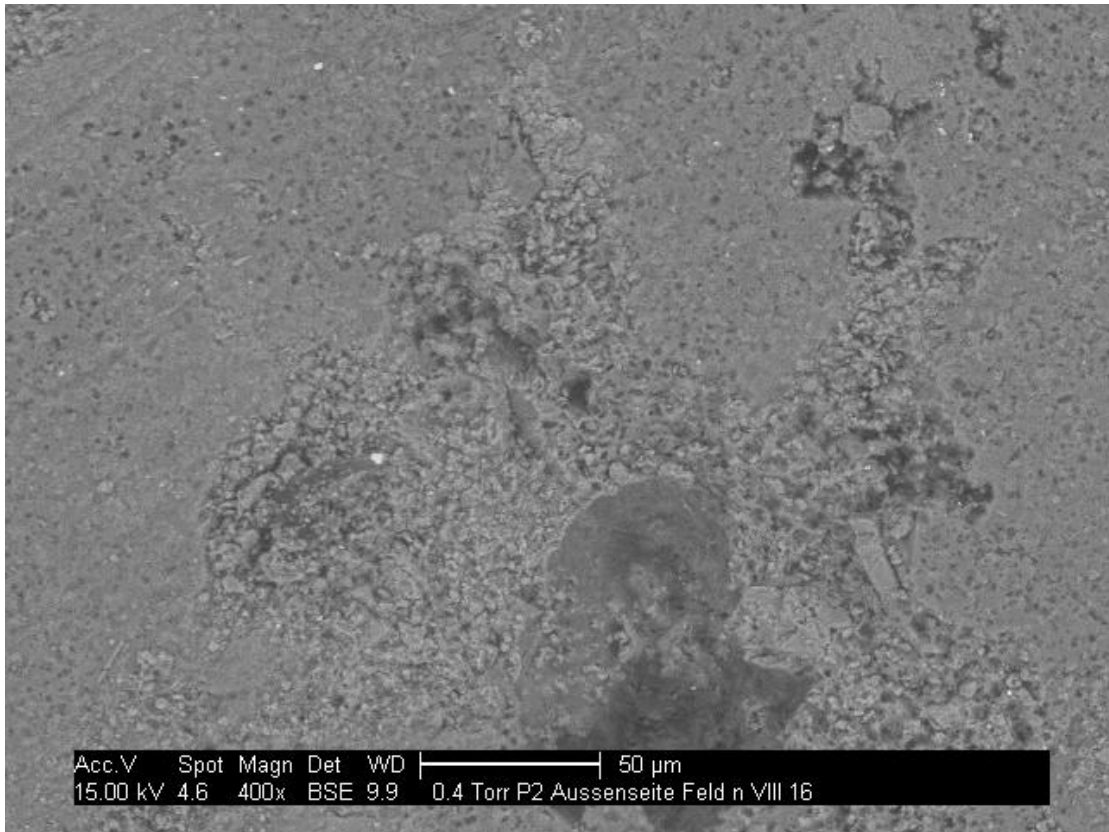


Abb. 33, 34: **Oberfläche der Probe P2** (s. Abb. 25)

oben: elektronenmikroskopische Aufnahme der Oberfläche

unten: EDX-Elementanalyse auf der Oberfläche

Die Hauptbestandteile Calcium (Ca) und Schwefel (S) weisen auf Gips hin, geringe Anteile von Eisen (Fe) deuten auf Rostablagerungen in der Oberfläche hin.

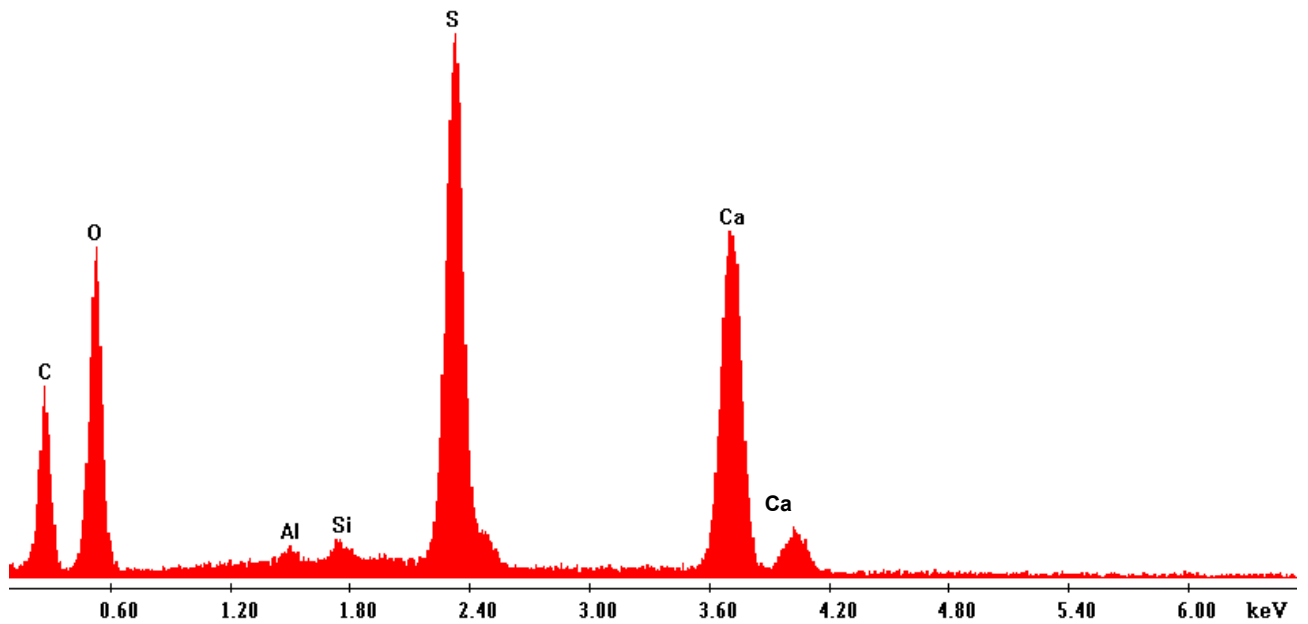


Abb. 35, 36: **Oberfläche der Probe P2, dünne transparente Schicht** (s. Abb. 26)
 oben: elektronenmikroskopische Aufnahme der Oberfläche
 unten: EDX-Elementanalyse auf der Oberfläche
 Bei den relativ großen kristallinen Korrosionsprodukten handelt es sich um Gips. Die Hauptbestandteile sind Calcium (Ca) und Schwefel (S).

Die Ergebnisse der Untersuchungen weisen aufgrund der Elementanalysen als Hauptbestandteil der Materialproben auf Gips hin. Dieser Untersuchungsbefund erschien zunächst ungewöhnlich, da es sich bei den Materialproben um Oberflächenbeläge von Glasergänzungen aus dem 19. Jahrhundert handelte und diese allgemein als sehr korrosionsstabil gelten. Bei genauerer Betrachtung der betreffenden Glassegmente sind solche Beläge auch auf den Bleien festgestellt worden. Weitere Probennahmen (P3, P4) waren daher notwendig, um die bisherigen Ergebnisse zu verifizieren.

P3: Pulverprobe von einem Glasstück aus dem 19. Jahrhundert, Außenseite des Feldes n VIII 16a, Oberfläche dunkel mit Abplatzungen, Seite zum Glas eben und heller (Abb.37-40)

PB: Bleiprobe mit Oberflächenbelag, Pulver und schollenförmige Abplatzungen vom Feld n VIII 16a, Oberfläche dunkel, Seite zum Blei heller (Abb. 41-44)

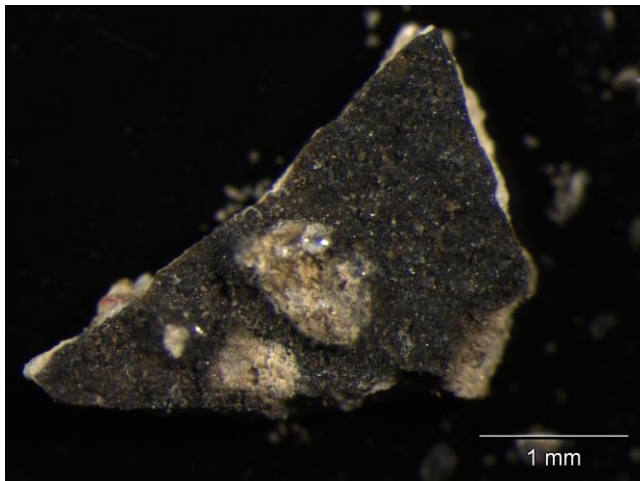


Abb. 37: Oberfläche der Probe P3

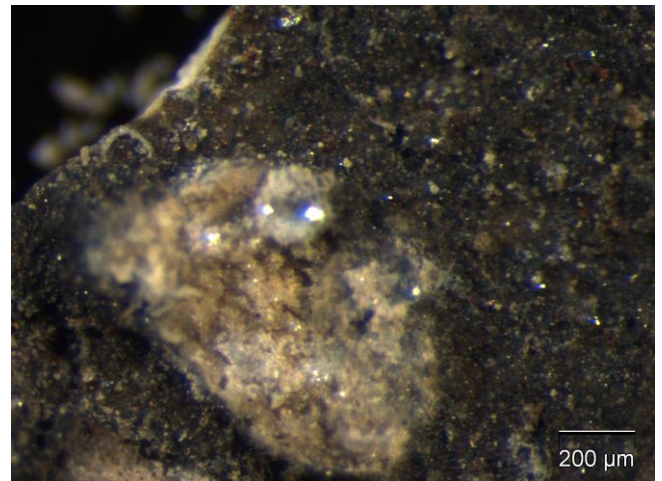


Abb. 38: Oberfläche-Detail, Probe P3

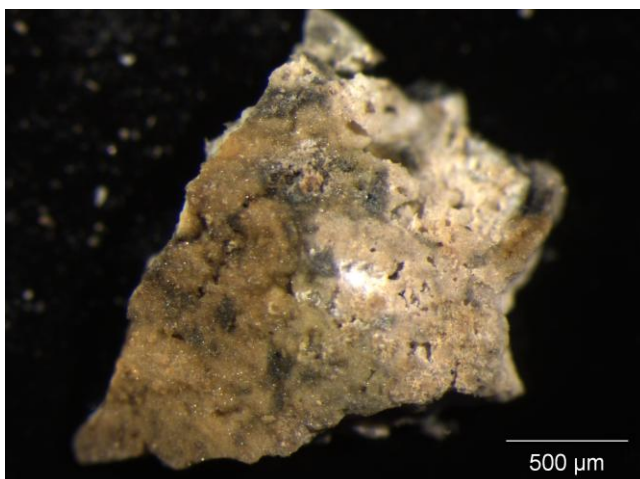


Abb. 39: Probe P3, dem Glas zugewandte Seite

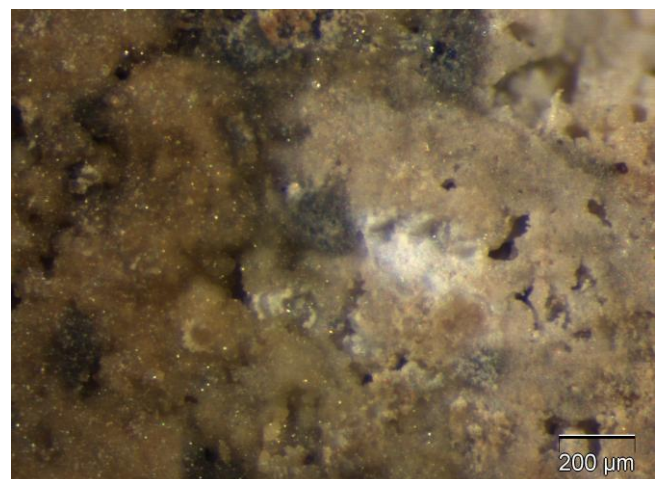


Abb. 40: Probe P3-Detail, dem Glas zugewandte Seite

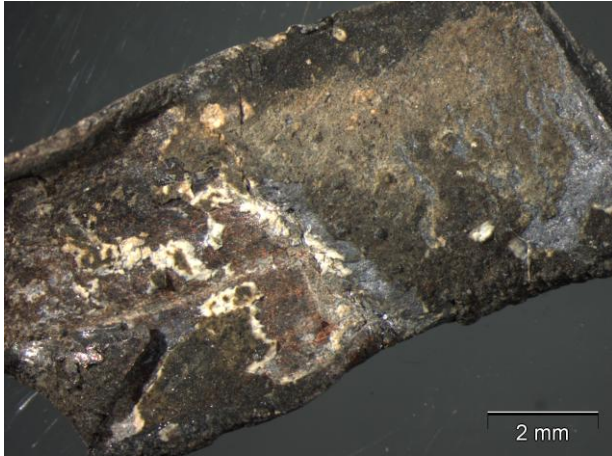


Abb. 41: Bleiprobe mit Oberflächenbelag (PB)

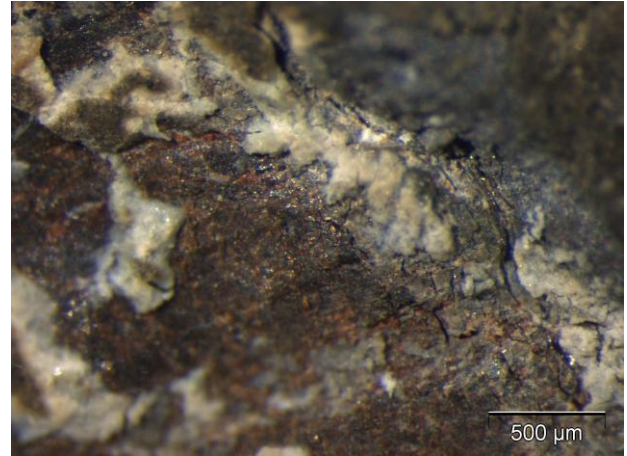


Abb. 42: Bleiprobe-Detail, Oberfläche

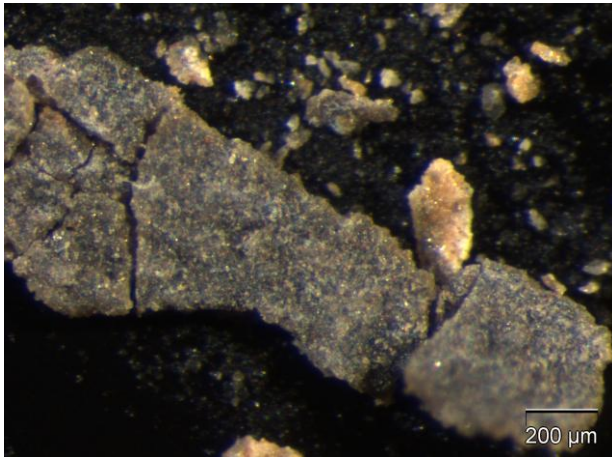


Abb. 43: schollenförmige Beläge von der Bleioberfläche (PB)

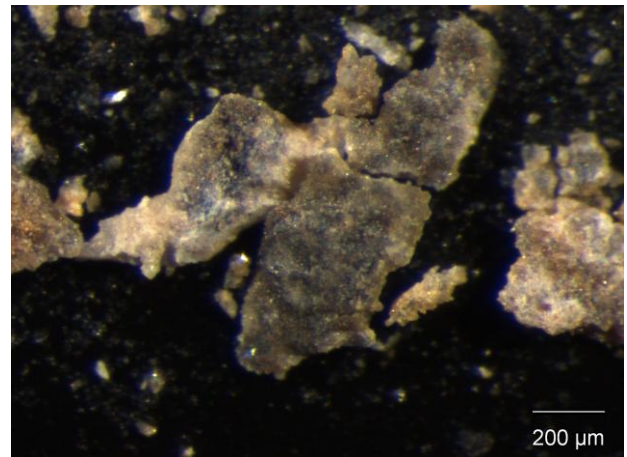


Bild 44: schollenförmige Beläge von der Bleioberfläche (PB)

Die Untersuchungen der Materialproben erfolgten sowohl mit dem Environmental Scanning Electron Microscope (ESEM) als auch mit dem FT-IR-Spektrometer Equinox 55. Die Proben wurden jeweils mit der Vorder- bzw. Rückseite auf einen Probeträger geklebt (s. Abb. 37-40 und 43-44). Die Bleiprobe (Abb. 41-42) wurde ohne weitere Präparation analysiert.

Die Ergebnisse (Abb. 45-52) weisen wiederum eindeutig auf Gips als Oberflächenbelag hin, sowohl in den Pulverproben als auch die Beläge auf der Bleiprobe. Es ist daher zu vermuten, dass die Blei- und Glassegmente aus dem 19. Jahrhundert durch den Auftrag einer Gipsmischung künstlich gealtert werden sollten, um sie dem Erscheinungsbild der übrigen Gläser anzupassen. In den Materialproben werden Farbpigmente (Fe, Cu) nachgewiesen. Die Abnahme der Beläge könnte analog der Vorgehensweise wie bei festen Korrosionskrusten aus Gips, infolge der natürlichen Verwitterung, mit Ammoniumcarbonatkompressen erfolgen.

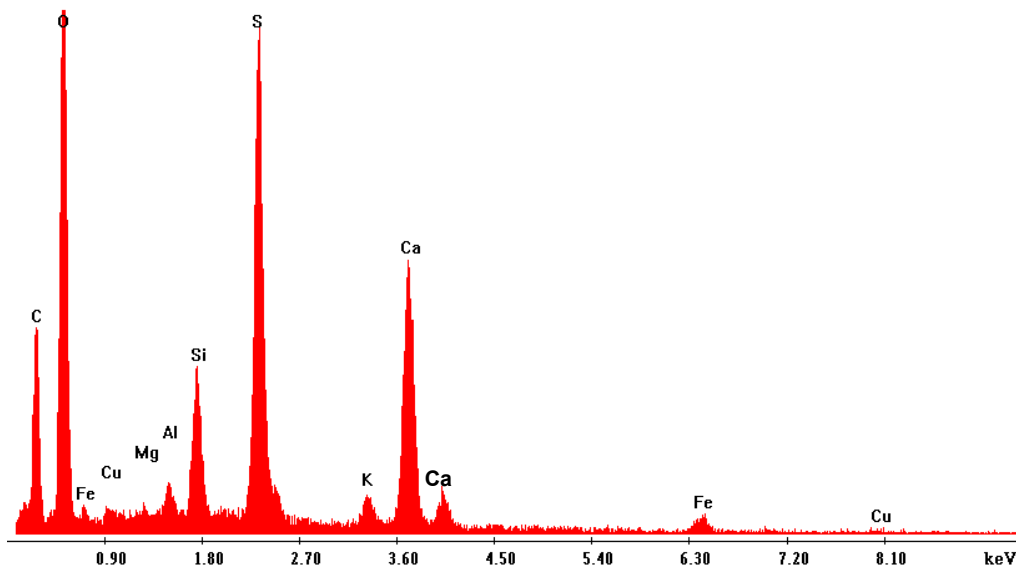
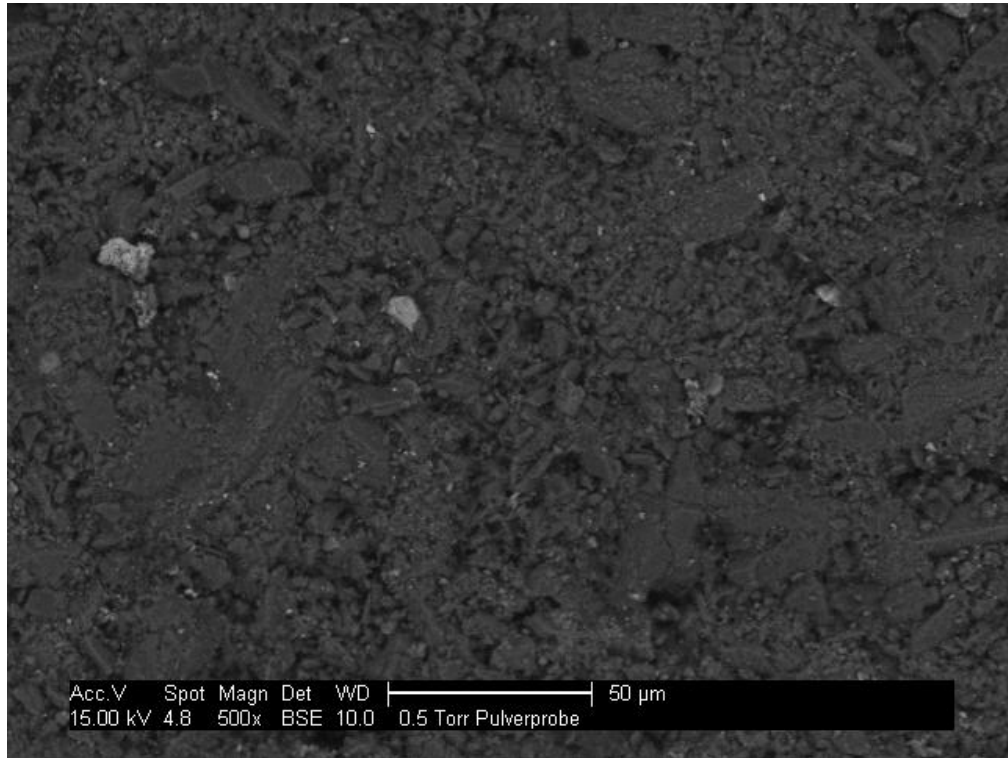


Abb. 45, 46: **Oberfläche der Probe P3** (vgl. Abb. 37, 38)
 oben: elektronenmikroskopische Aufnahme der Oberfläche
 unten: EDX-Elementanalyse auf der Oberfläche

Die Hauptbestandteile Calcium (Ca) und Schwefel (S) weisen auf Gips hin. Kupfer (Cu), Eisen (Fe) können Beimischungen von Farbpigmenten sein, weiterhin werden Glasbestandteile (Silizium-Si, Magnesium-Mg, Aluminium-Al) nachgewiesen.

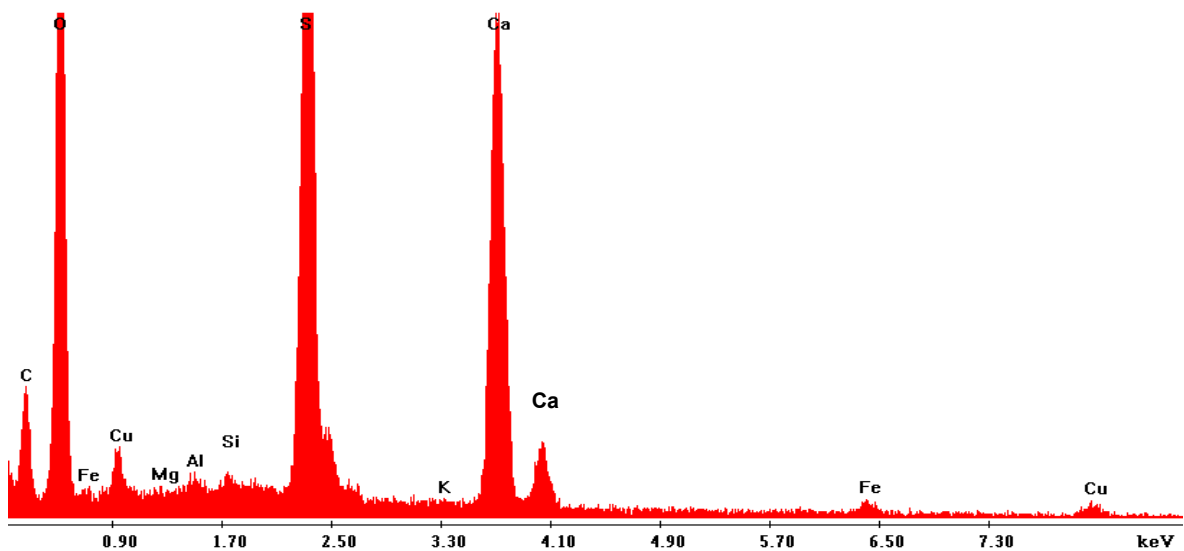
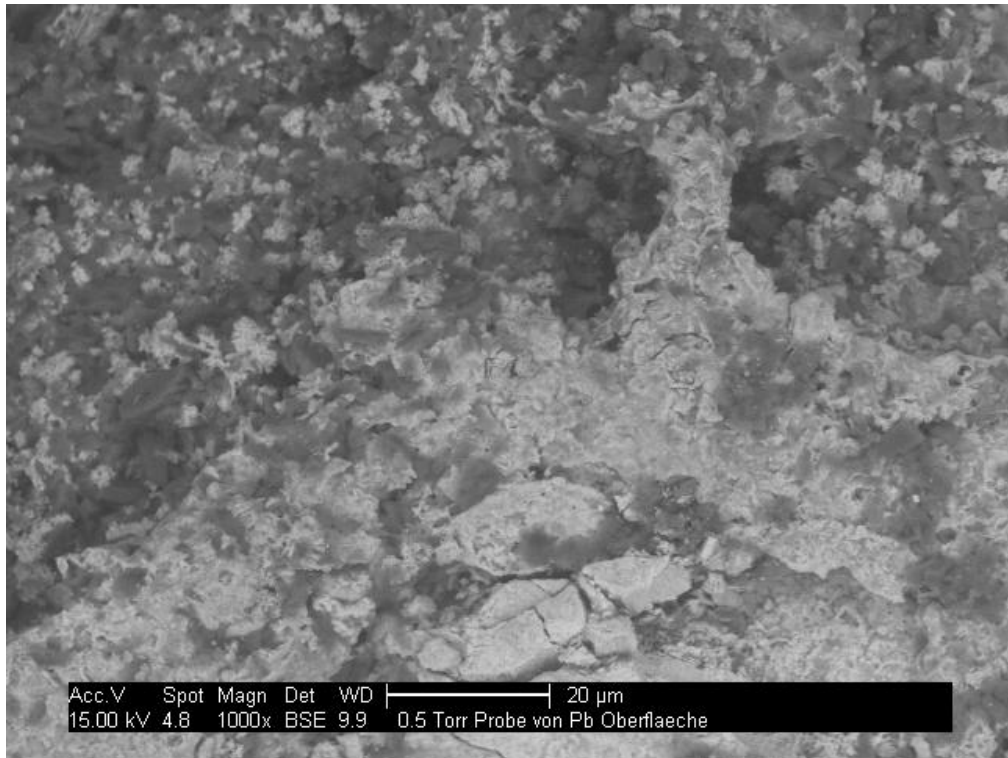


Abb. 47, 48: **Probe 3, dem Glas zugewandte Seite** (s. Abb. 39-40)

oben : elektronenmikroskopische Aufnahme der Oberfläche

unten: EDX-Elementanalyse auf der Oberfläche

Die Hauptbestandteile Calcium (Ca) und Schwefel (S) weisen auf Gips hin. Kupfer (Cu) und Eisen (Fe) sind beigemischte Farbpigmente.

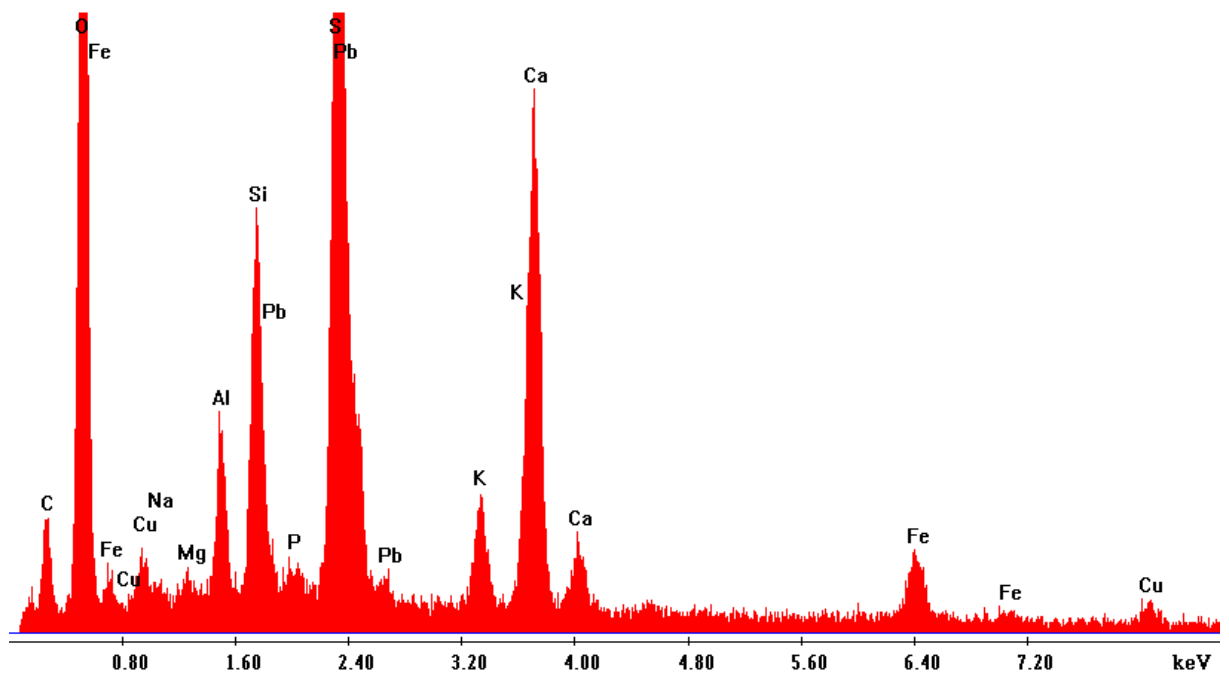
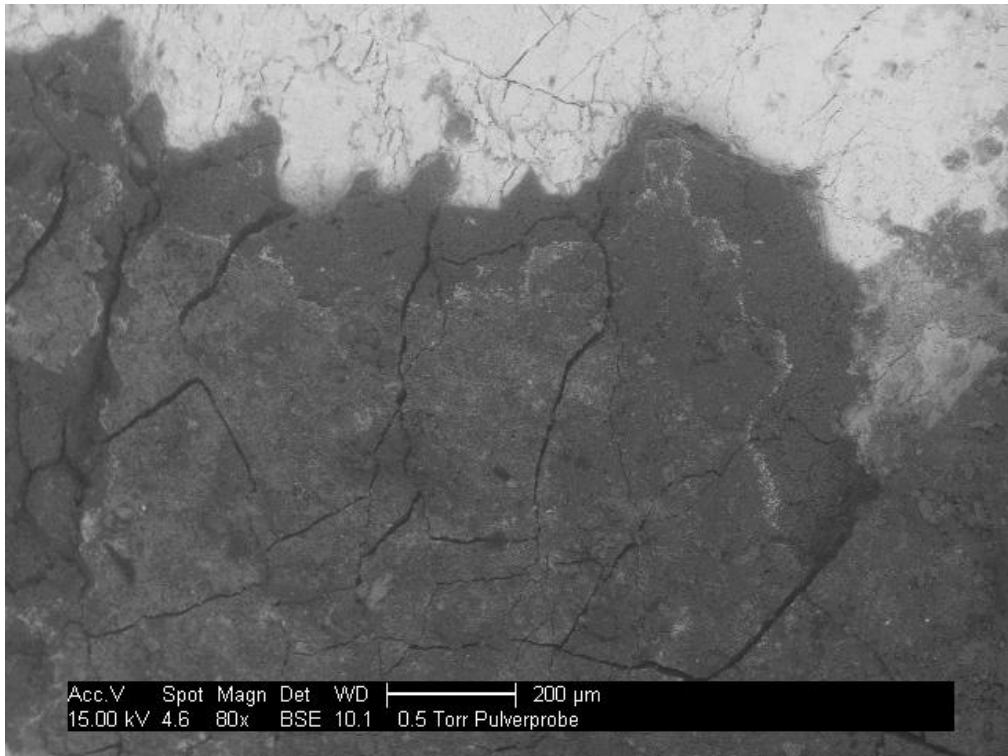


Abb. 49, 50: **Oberfläche der Bleiprobe (PB)** (vgl. Abb. 41)
 oben : elektronenmikroskopische Aufnahme der Oberfläche
 unten: EDX-Elementanalyse auf der Oberfläche

Die Hauptbestandteile Calcium (Ca) und Schwefel (S) weisen auf Gips hin, geringe Anteile von Eisen (Fe) deuten auf Rostablagerungen in der Oberfläche oder auch auf Farbpigmente im Oberflächenbelag hin. Zusätzlich wird Blei unter der Oberflächenschicht detektiert.

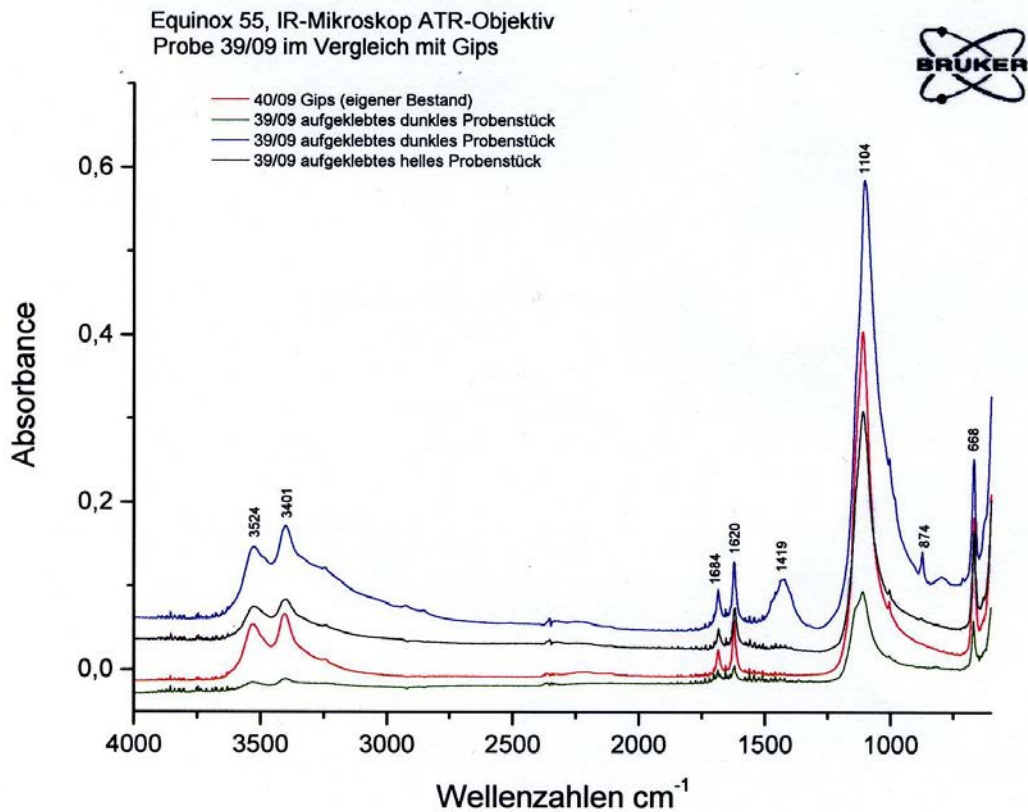


Abb. 51: FT-IR-Übersichtsspektren der Probe P3 im Vergleich zum Spektrum von Gips zeigen gute Übereinstimmungen

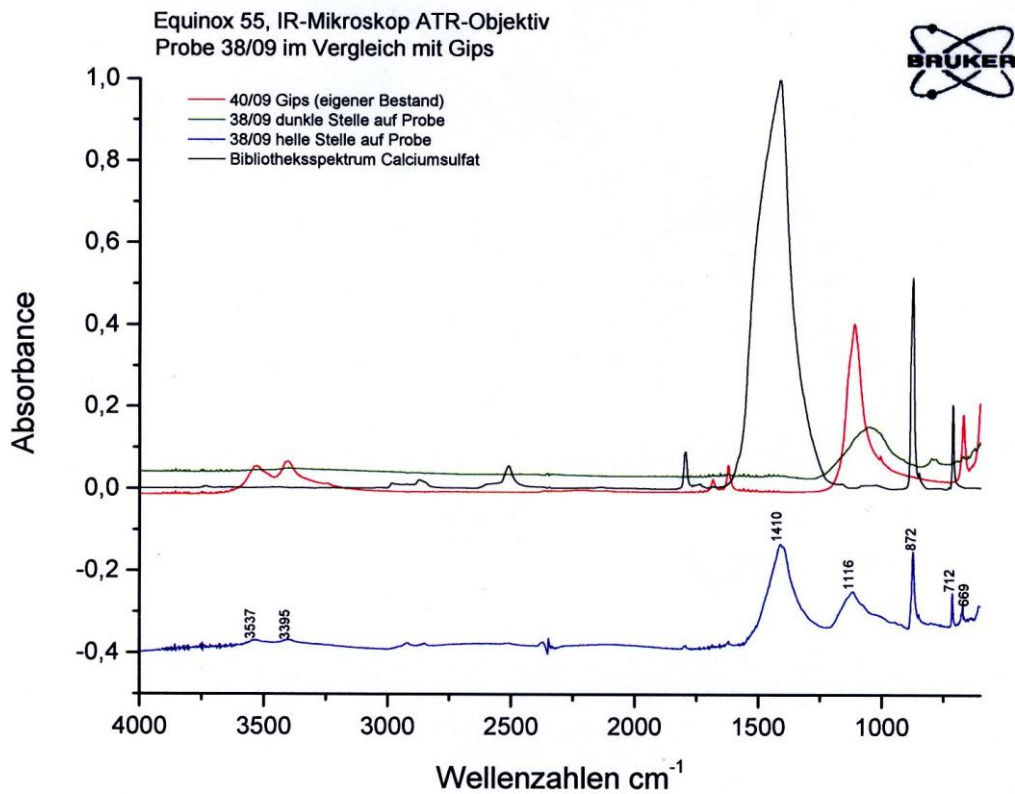


Abb. 52: Übersichtsspektren der Probe P3 im Vergleich zu Gips und dem Bibliotheksspektrum von Calciumsulfat bestätigen Gips als Hauptbestandteil der Materialprobe

6. Analyse von Oberflächenbelägen auf der Verbleiung eines mittelalterlichen Glasmalereifeldes im Bayerischen Nationalmuseum in München

Das mittelalterliche Glasmalereifeld 1d aus dem Fenster nIV des Erfurter Domes befindet sich seit ca. 150 Jahren im Bayerischen Nationalmuseum in München. Es blieb somit unbeeinflusst vom stetigen Ansteigen der Konzentration von Luftschadstoffen im Industriezeitalter und auch weitgehend verschont von zahlreichen Restaurierungskampagnen der vergangenen Jahrhunderte. Am 22.06.2008 konnte das Glasmalereifeld in der Restaurierungswerkstatt des Bayerischen Nationalmuseums in München begutachtet werden.

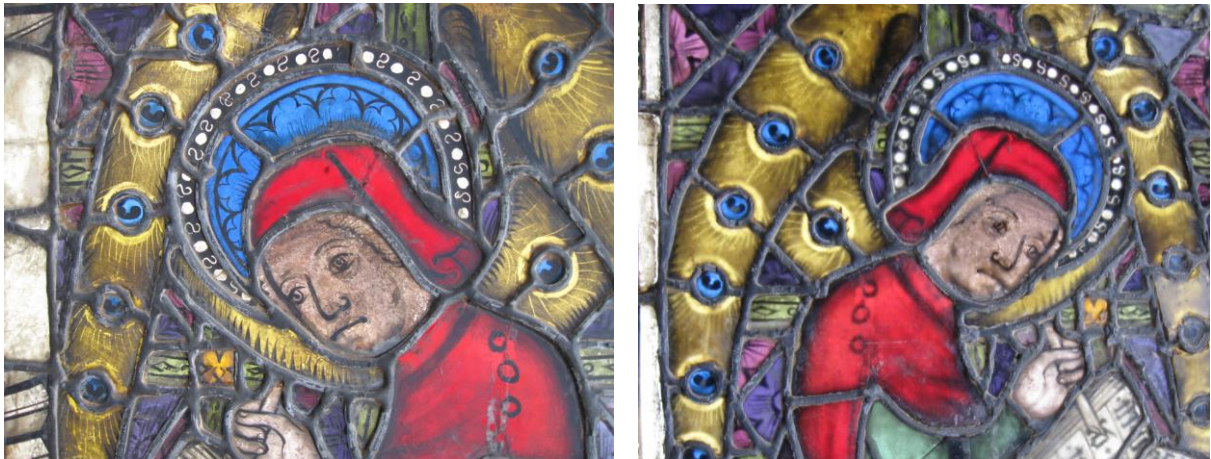


Abb. 53-54: Ausschnitt aus dem Feld nIV 1d, Vorder- und Rückseite

Der Erhaltungszustand des Glasmalereifeldes wurde ausführlich dokumentiert und erweist sich als wesentlich besser als der von vergleichbaren Glasmalereien im Erfurter Dom. Die Gläser zeigen selbst auf der Außenseite Korrosionserscheinungen erst im Anfangsstadium. Wettersteinkrusten, wie auf den Fenstern des Erfurter Domes nicht ungewöhnlich, sind nicht zu finden. Bei der Verbleiung handelt es sich offensichtlich noch um ein mittelalterliches Bleinetz, das jedoch nicht ohne Schäden ist. Entlang der Bleie wurden zahlreiche Ausblühungen festgestellt. Diese weißen, pulvrigen Materialablagerungen finden sich sowohl auf der Außenseite als auch auf der Innenseite der Verbleiung.

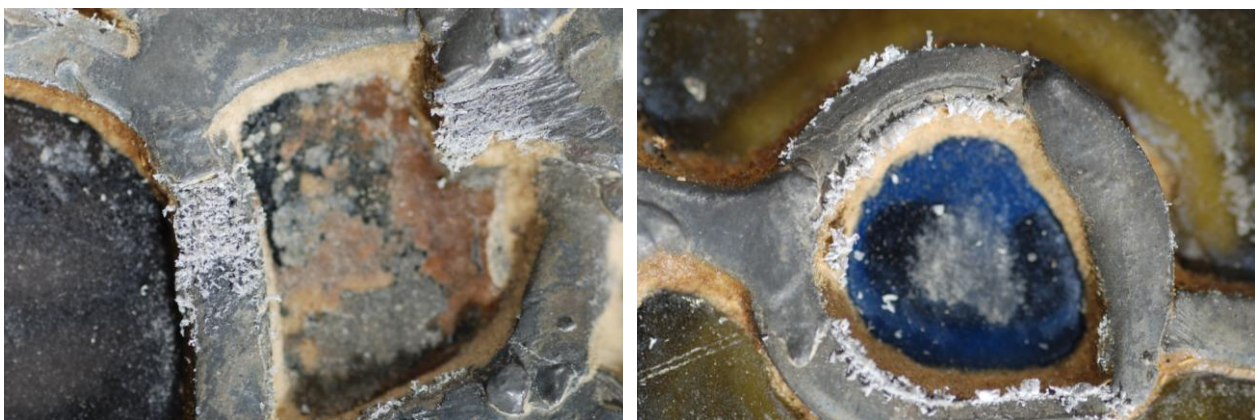


Abb. 55-56: weiße, pulvrige Materialablagerungen auf den Bleien

Zur Bestimmung der Materialzusammensetzung der Beläge auf den Bleien wurde eine Probe vom Restaurator des Museum mit dem Skalpell von der Verbleiung entnommen und in der BAM mit dem an das FT-IR-Spektrometer Equinox 55 gekoppelte IR-Mikroskop mit ATR-Objektiv der Fa. Bruker analysiert. Die Aufnahmen erfolgten mit 100 Akkumulationen und einer Auflösung von 2 cm^{-1} im MIR-bereich von $4000\text{--}600\text{ cm}^{-1}$. Aufgrund der sehr geringen Probenmenge wurde die Probe auf eine CaF_2 -Scheibe aufgetragen. Der Wellenzahlbereich ist daher nur von $4000\text{--}800\text{ cm}^{-1}$ auswertbar.

Equinox 55, IR-Mikroskop, ATR-Objektiv

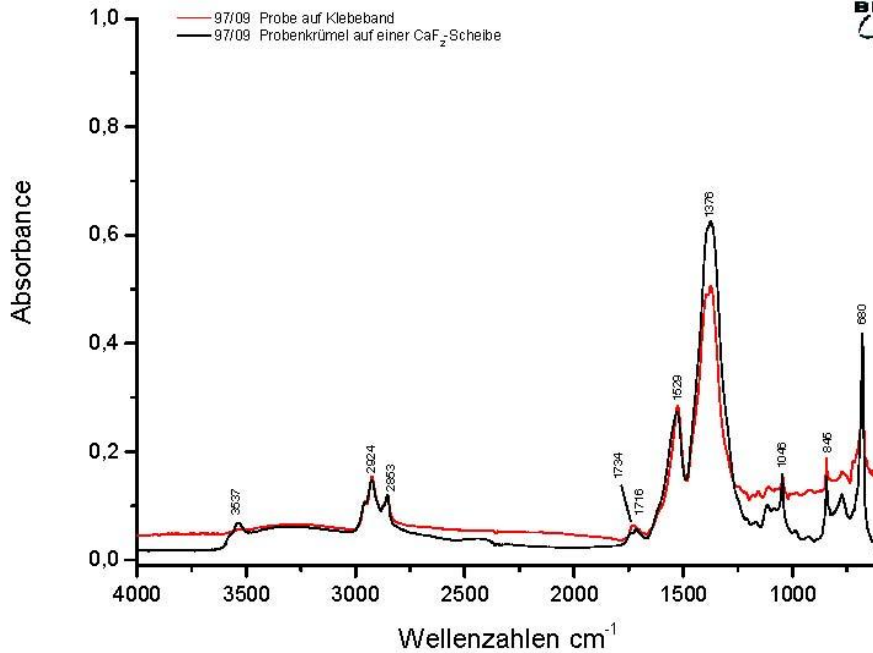


Abb. 58: Übersichtsspektrum der Probe (rot: auf Klebeband, schwarz: auf CaF_2 -Scheibe)

Equinox 55, IR-Mikroskop, ATR-Objektiv

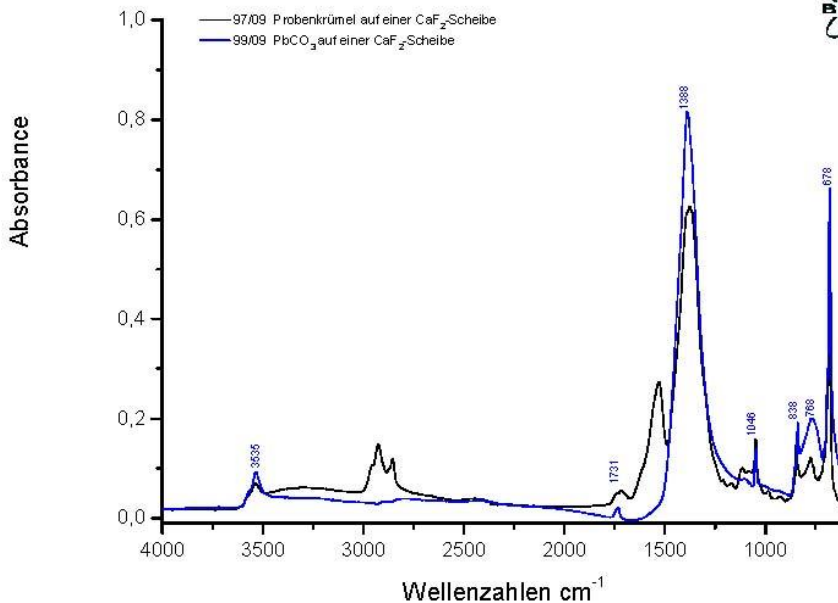


Abb. 59: Übersichtsspektrum der Materialprobe im Vergleich mit dem IR-Spektrum von Bleicarbonat

Die untersuchte Materialprobe aus dem Bayerischen Nationalmuseum enthält große Anteile von Bleicarbonat, wie der Vergleich der Hauptbanden mit einer Probe von Bleicarbonat zeigt. Bleicarbonat ist ein Bleisalz der Kohlensäure. Es ist ein weißer, fester, giftiger Stoff, der in Wasser nahezu unlöslich ist. Bleicarbonat als die stabilere Verbindung kann sich leicht aus Bleiacetat bilden. Bleiacetat wiederum entsteht durch die Reaktion von Bleioxid mit Essigsäure (Gl. 1). Bei Anwesenheit von Feuchtigkeit und CO₂ erfolgt die Bildung von Bleicarbonat (Gl. 2).



Essigsäure als flüchtige organische Verbindung wird häufig in Innenräumen, wie z.B. auch in Museumsvitrinen aus Holz festgestellt. Holzwerkstoffe, wie Holzspanplatten aber auch natürliches Holz (insbesondere Eichenholz) enthalten große Mengen an Essigsäure, die bereits unter normalen Bedingungen an die Umgebung abgegeben (emittiert) werden kann. Insbesondere in Räumen mit geringem Luftwechsel sind relativ hohe Essigsäurekonzentrationen nachweisbar. Typische Schäden an Gegenständen aus Blei in Museen, insbesondere in derart schadstoffbelasteten Vitrinen, sind daher Beläge aus Bleicarbonat auf der Oberfläche.

Anhang:

Elektronenmikroskopischen Oberflächenabbildungen der Proben, EDX-Elementanalysen und typische IR-Spektren zur Identifizierung von Oberflächenbelägen auf Glassegmenten der mittelalterlichen Fenster aus dem Erfurter Dom

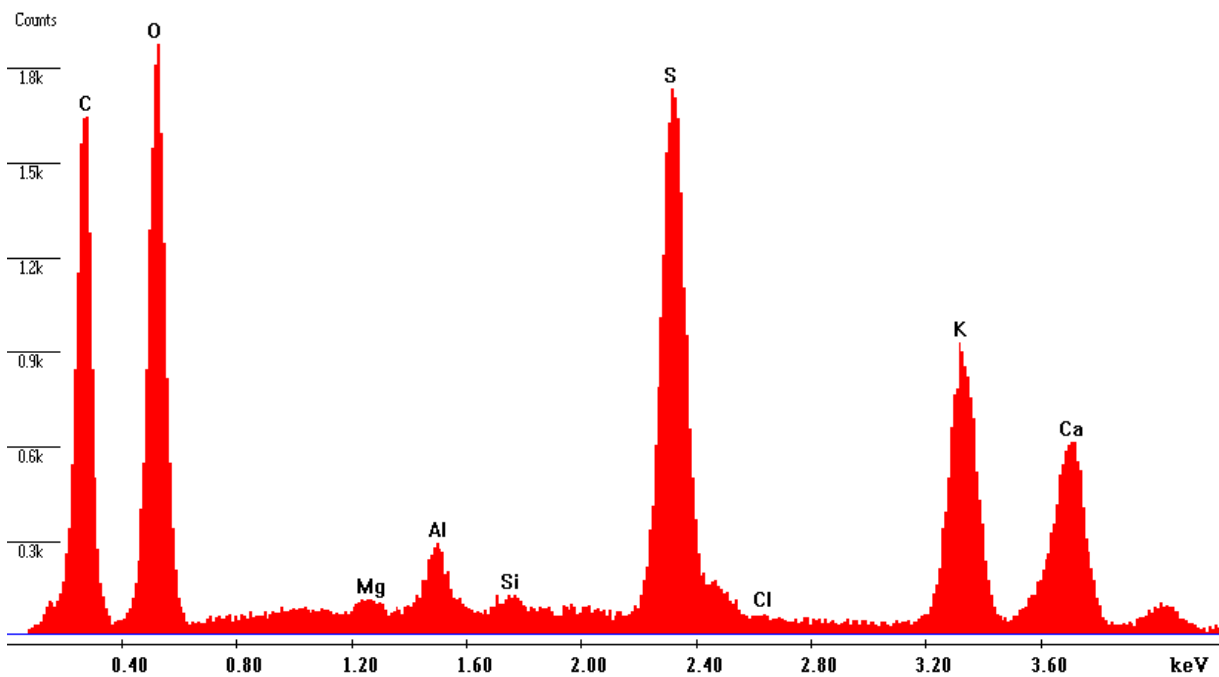
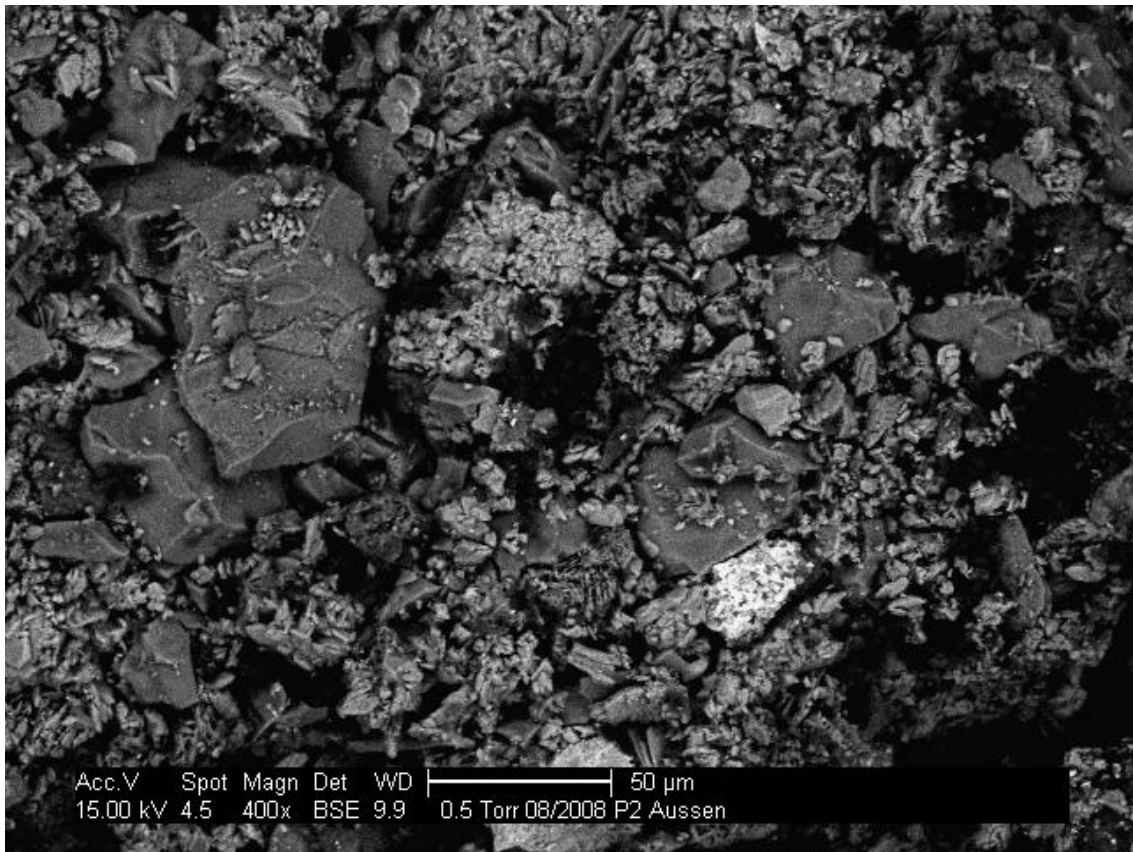


Abb. 60, 61: **Oberfläche der Probe P2**

oben : elektronenmikroskopische Aufnahme der Oberfläche,
 unten: Elementanalyse auf der Oberfläche

Die Hauptbestandteile Kalium (K), Calcium (Ca) und Schwefel (S) weisen auf Syngenit und Gips hin. Zusätzlich werden Magnesium (Mg), Aluminium (Al) und Silizium (Si) als Glasbestandteile detektiert.

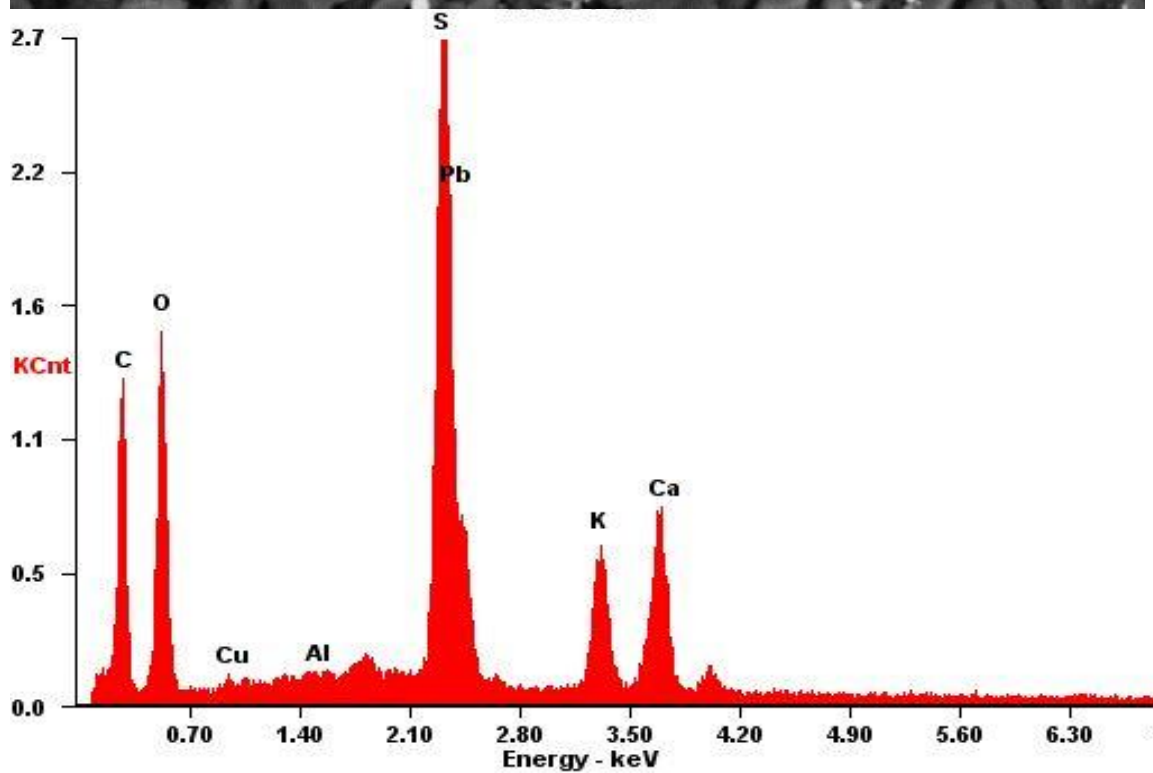
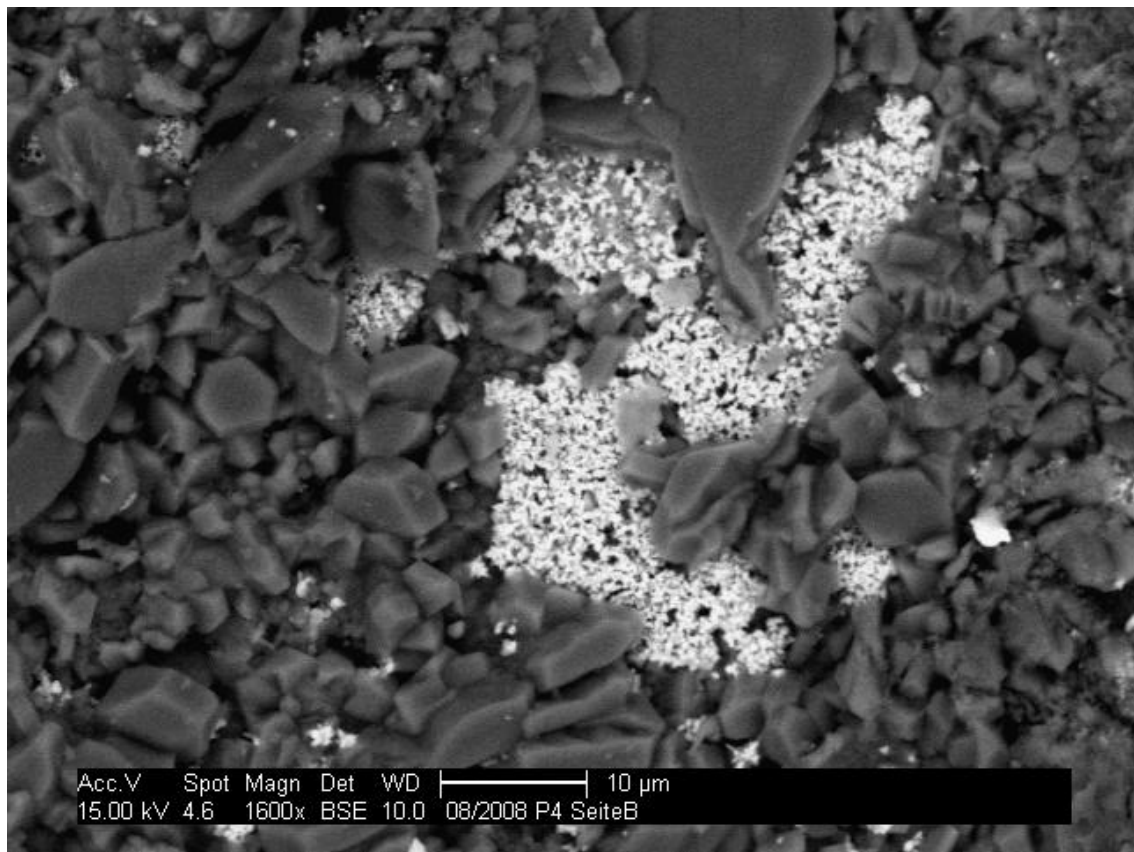


Abb. 62, 63: **Oberfläche der Probe P4**

oben : elektronenmikroskopische Aufnahme der Oberfläche,
 unten: Elementanalyse auf der Oberfläche

Die Hauptbestandteile Kalium (K), Calcium (Ca) und Schwefel (S) weisen auf Syngenit und Gips hin. Zusätzlich wird Blei in der Oberflächenschicht detektiert (helle Bereiche).

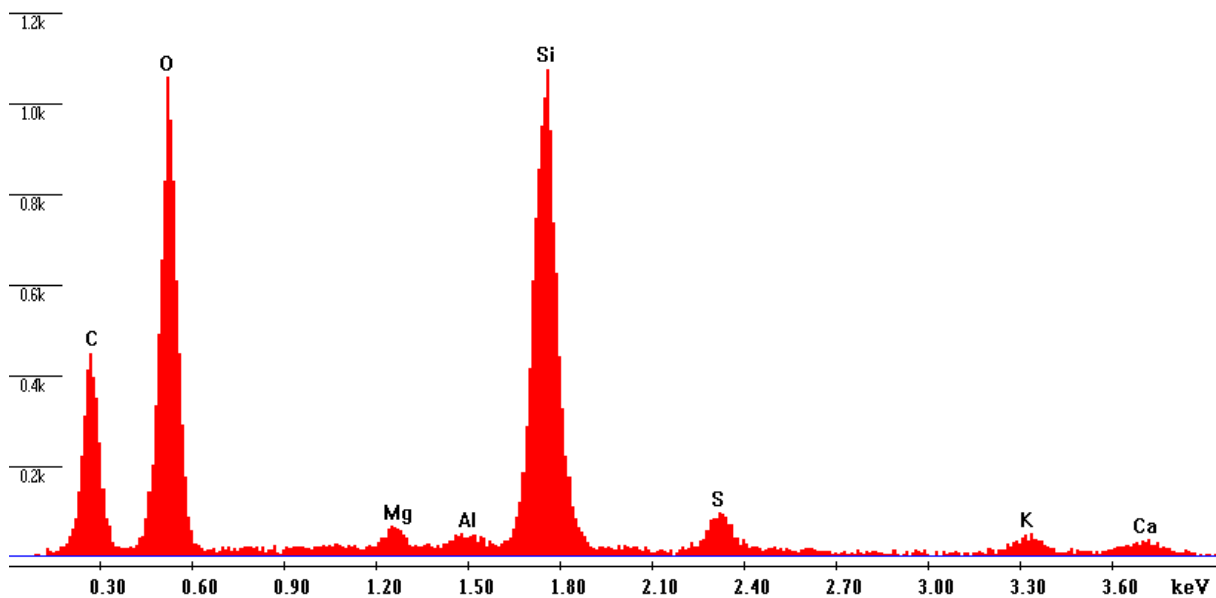


Abb. 64, 65: **Oberfläche der Probe P5, Kontaktseite zum Glas** (vgl. Abb. 3)

oben : elektronenmikroskopische Aufnahme der Oberfläche,
 unten: Elementanalyse auf der Oberfläche

Hauptbestandteil ist Silizium (Si), vermutlich Gelschichtrelikte von der verwitterten Glasoberfläche. Kalium (K), Calcium (Ca) und Schwefel (S) weisen auf Syngenit und Gips hin. Zusätzlich werden Magnesium (Mg) und Aluminium (Al) in der Oberflächenschicht detektiert.

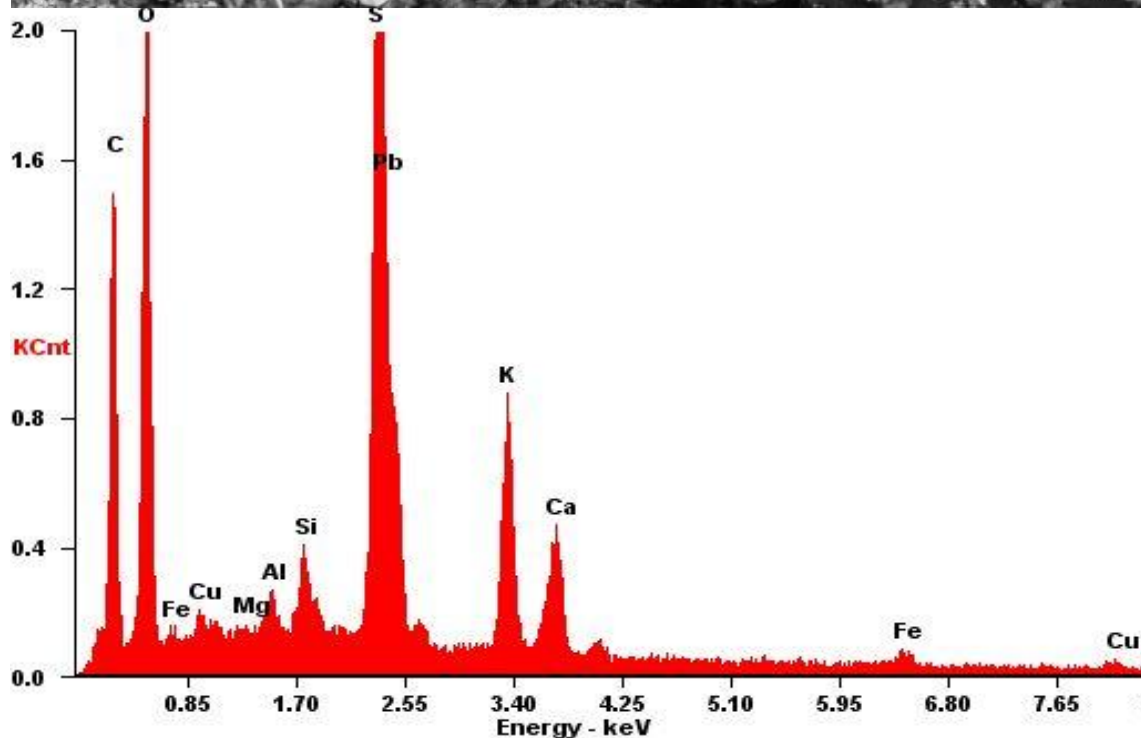
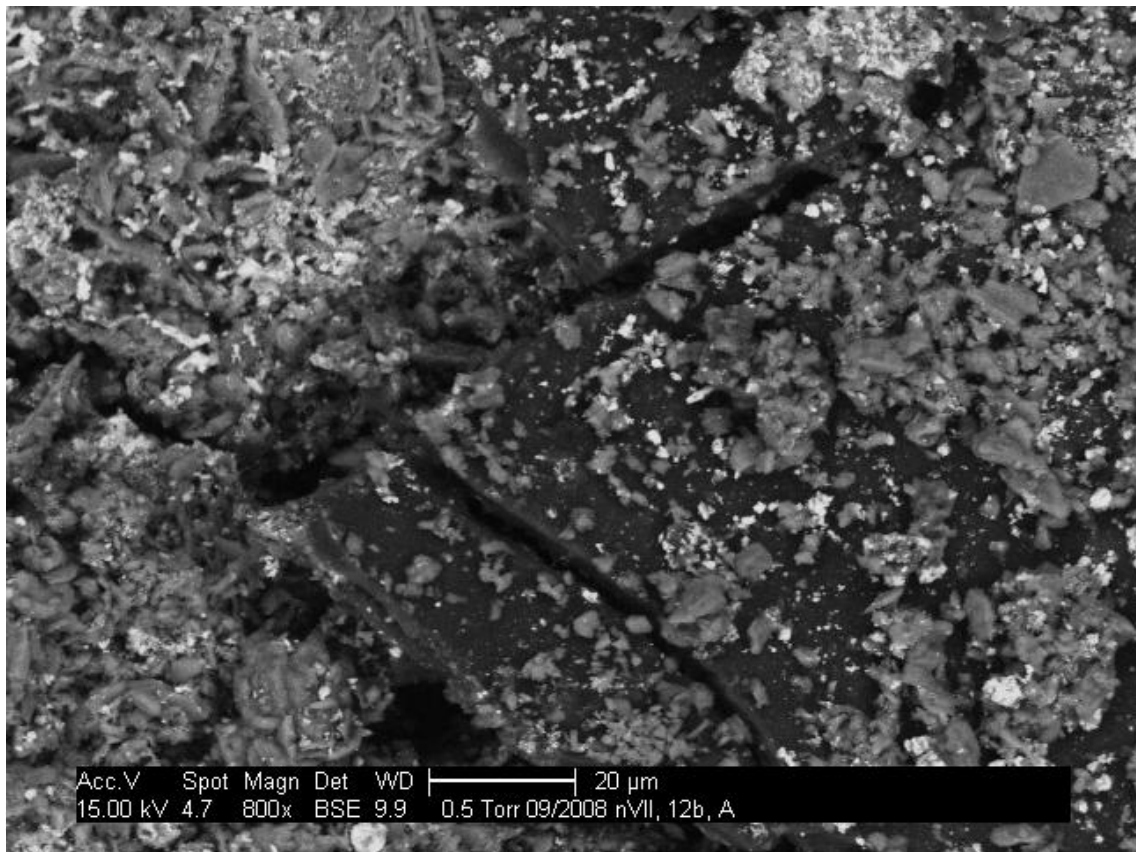


Abb. 66, 67: **Oberfläche der Probe P6**, (vgl. Abb. 5)
 oben : elektronenmikroskopische Aufnahme der Oberfläche,
 unten: Elementanalyse auf der Oberfläche

Hauptbestandteil ist Blei (Pb), Kalium (K), Calcium (Ca) und Schwefel (S) weisen auf Syngenit und Gips hin. Zusätzlich werden Magnesium (Mg) und Aluminium (Al), sowie Kupfer (Cu) und Eisen (Fe) als Malschichtbestandteile in der Oberflächenschicht detektiert.

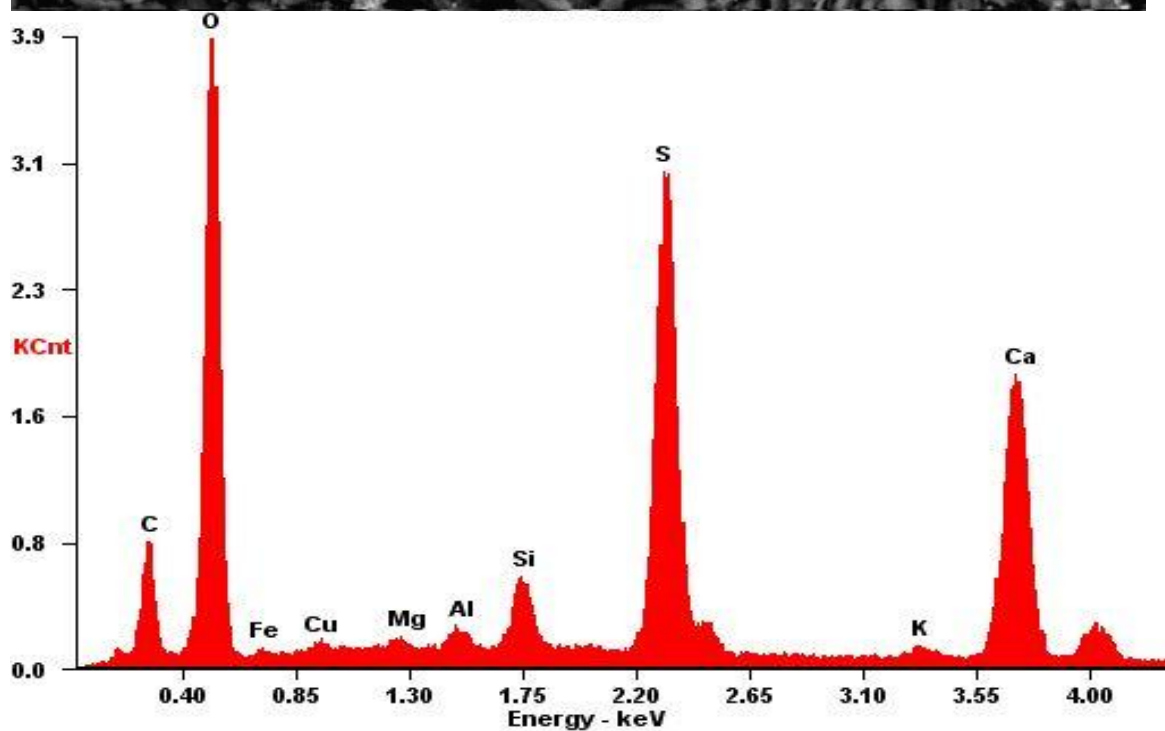
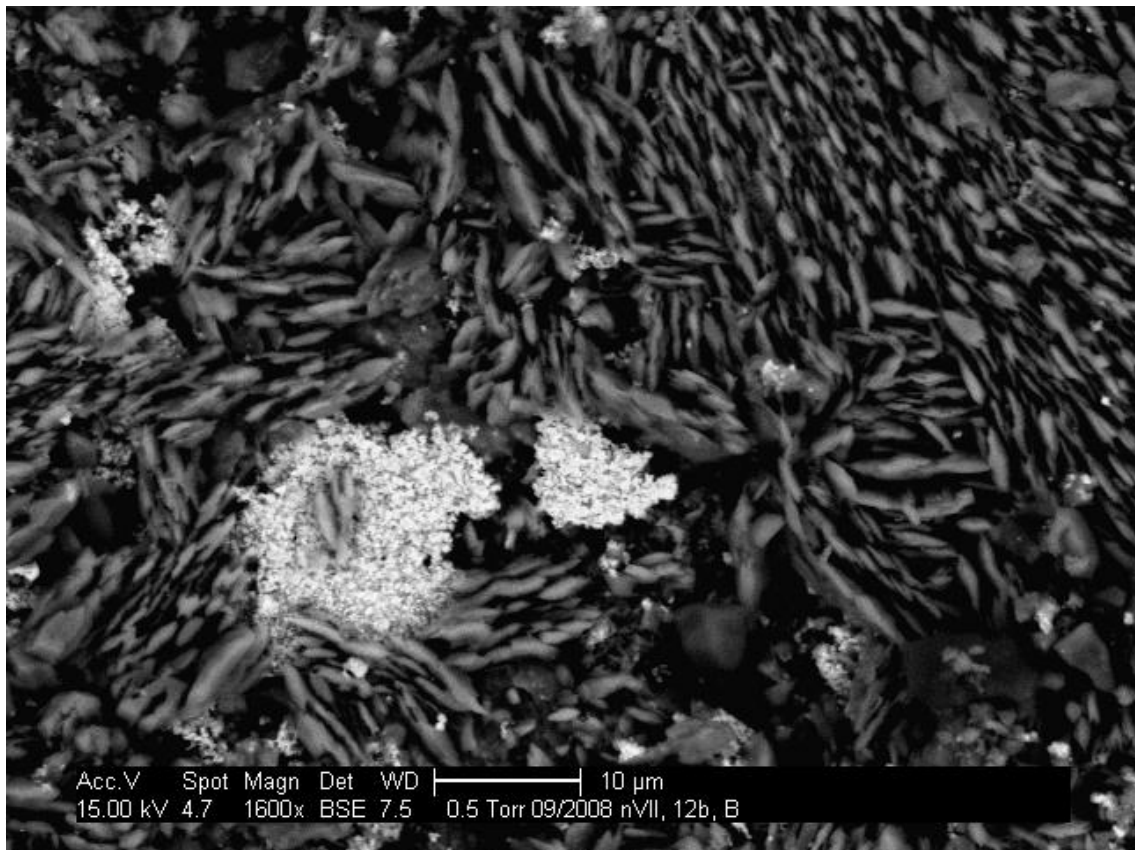


Abb. 68, 69: **Oberfläche der Probe P6, Kontaktseite zum Glas** (vgl. Abb. 5)

oben : elektronenmikroskopische Aufnahme der Oberfläche,
 unten: Elementanalyse auf der Oberfläche

Die Hauptbestandteile sind Calcium (Ca) und Schwefel (S), die auf Gips hinweisen. Zusätzlich werden Magnesium (Mg) und Aluminium (Al), Silizium, Kupfer (Cu) und Eisen (Fe) in der Oberflächenschicht detektiert.

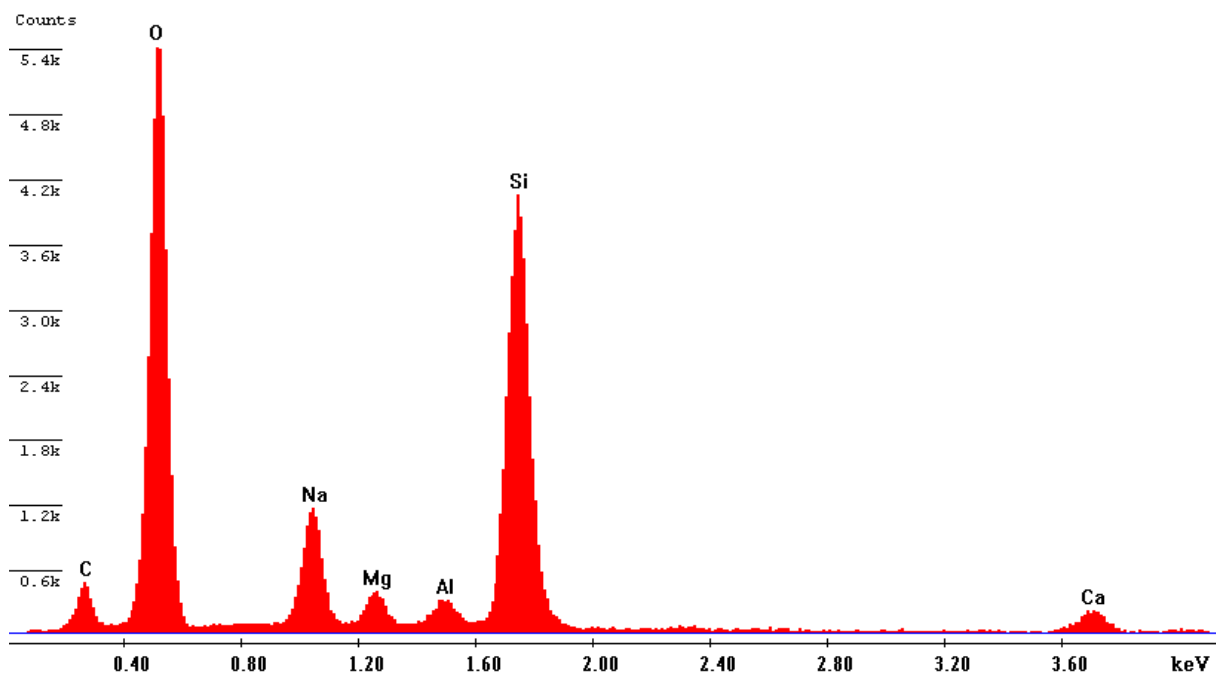
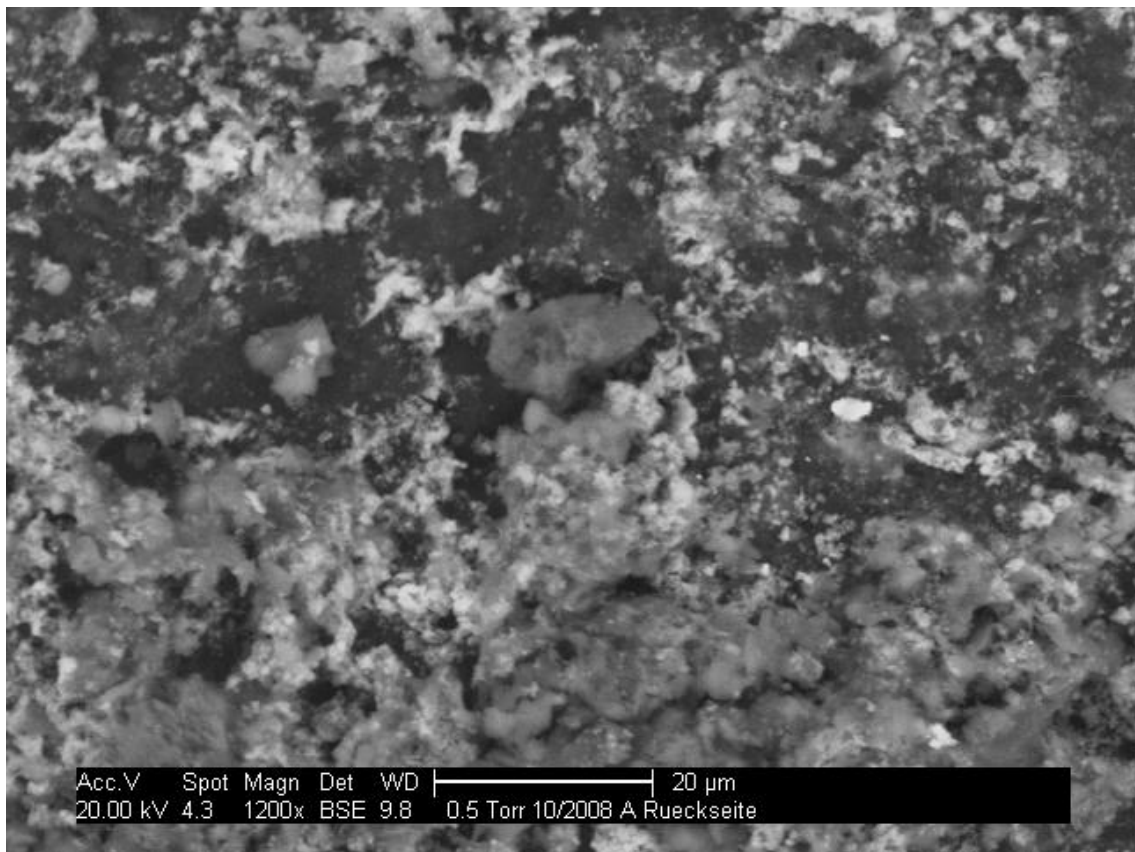


Abb. 70, 71: **Oberfläche der Probe A, Kontaktseite zum Glas** (vgl. Abb. 7)

oben : elektronenmikroskopische Aufnahme der Oberfläche,
 unten: Elementanalyse auf der Oberfläche

Hauptbestandteil ist Silizium(Si), vermutlich Gelschichtrelikte von der verwitterten Glasoberfläche. Calcium (Ca), Natrium (Na), Magnesium (Mg) und Aluminium (Al) werden in der Oberflächenschicht detektiert.

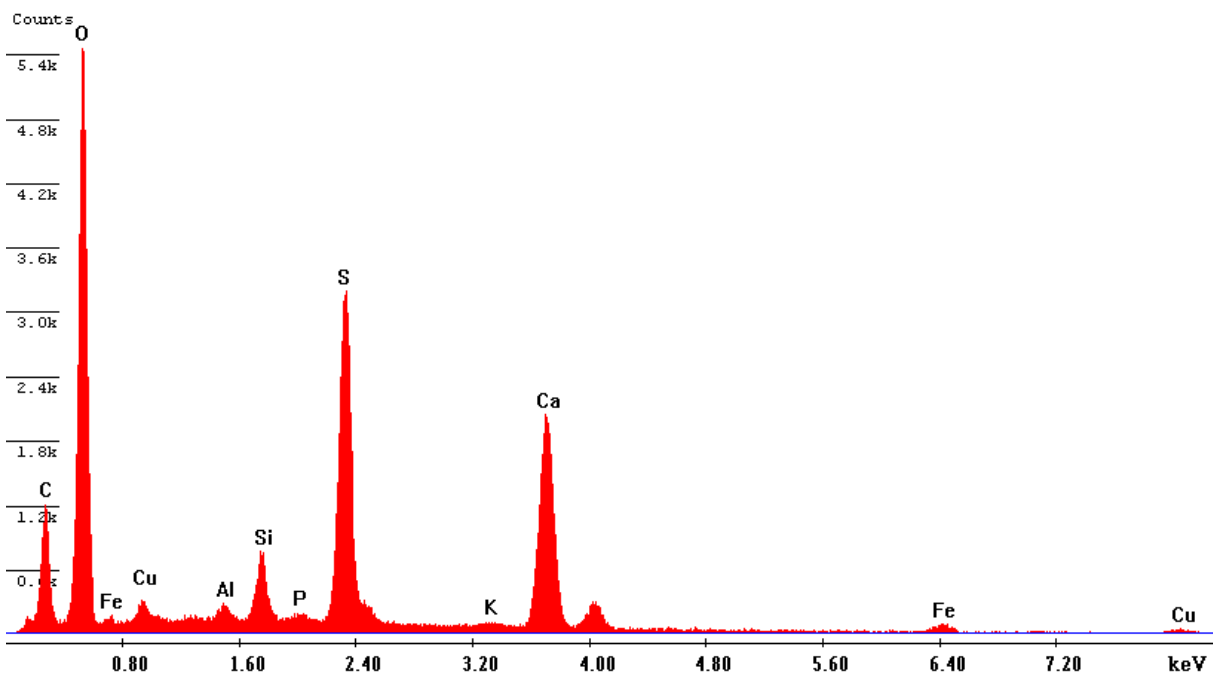
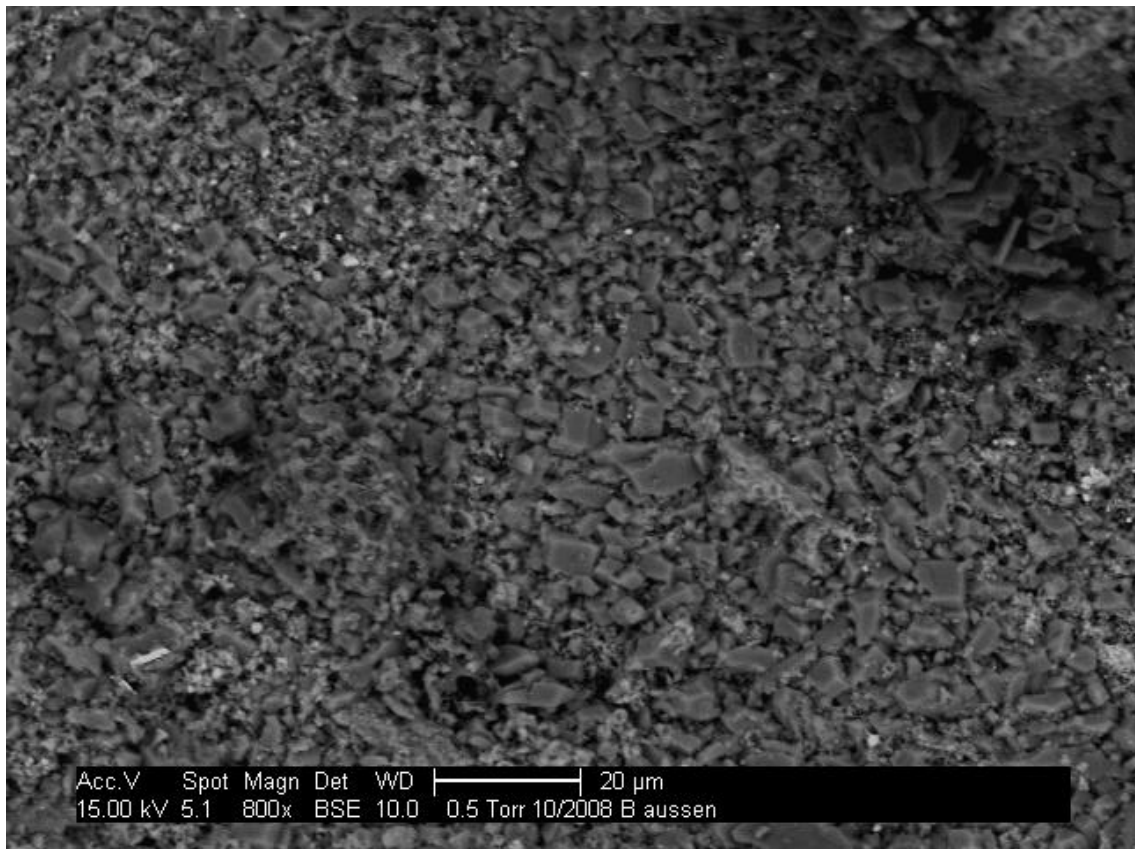


Abb. 72, 73: **Oberfläche der Probe B**, (vgl. Abb. 8)
 oben : elektronenmikroskopische Aufnahme der Oberfläche,
 unten: Elementanalyse auf der Oberfläche

Die Hauptbestandteile sind Calcium (Ca) und Schwefel (S) die auf Gips hindeuten.
 Silizium(Si)-Anteile sind vermutlich Gelschichtrelikte von der verwitterten Glasoberfläche.
 Kupfer (Cu) und Eisen (Fe) deuten auf Malschichtreste hin.

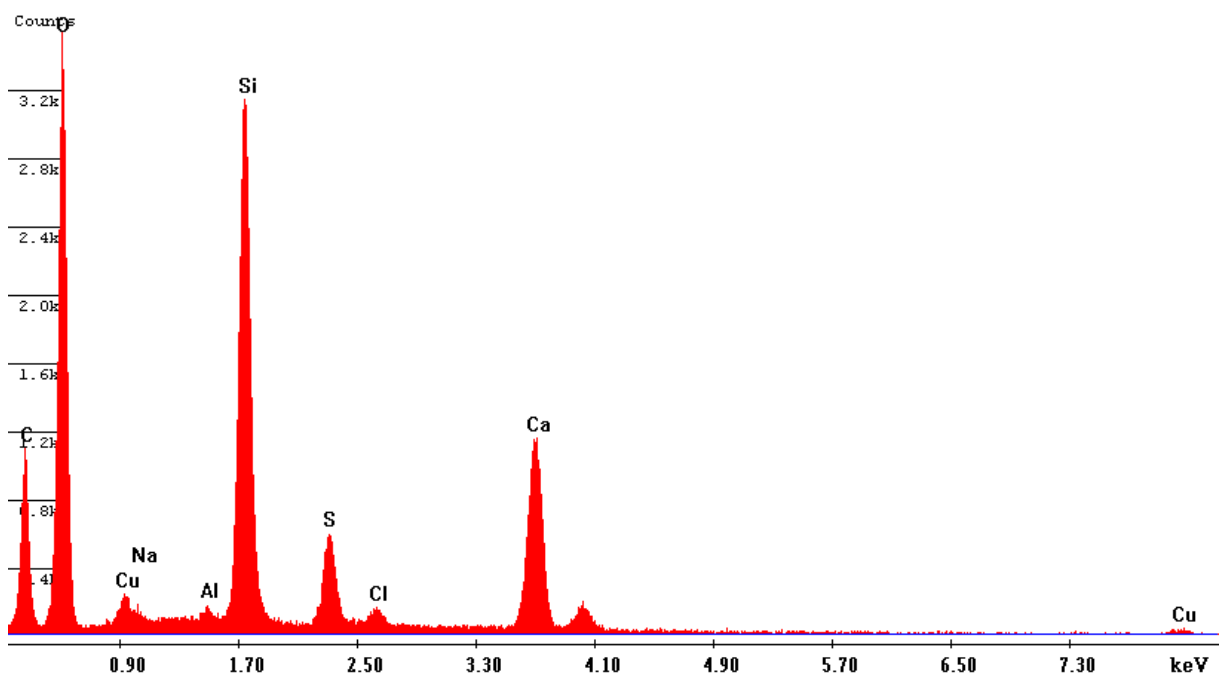
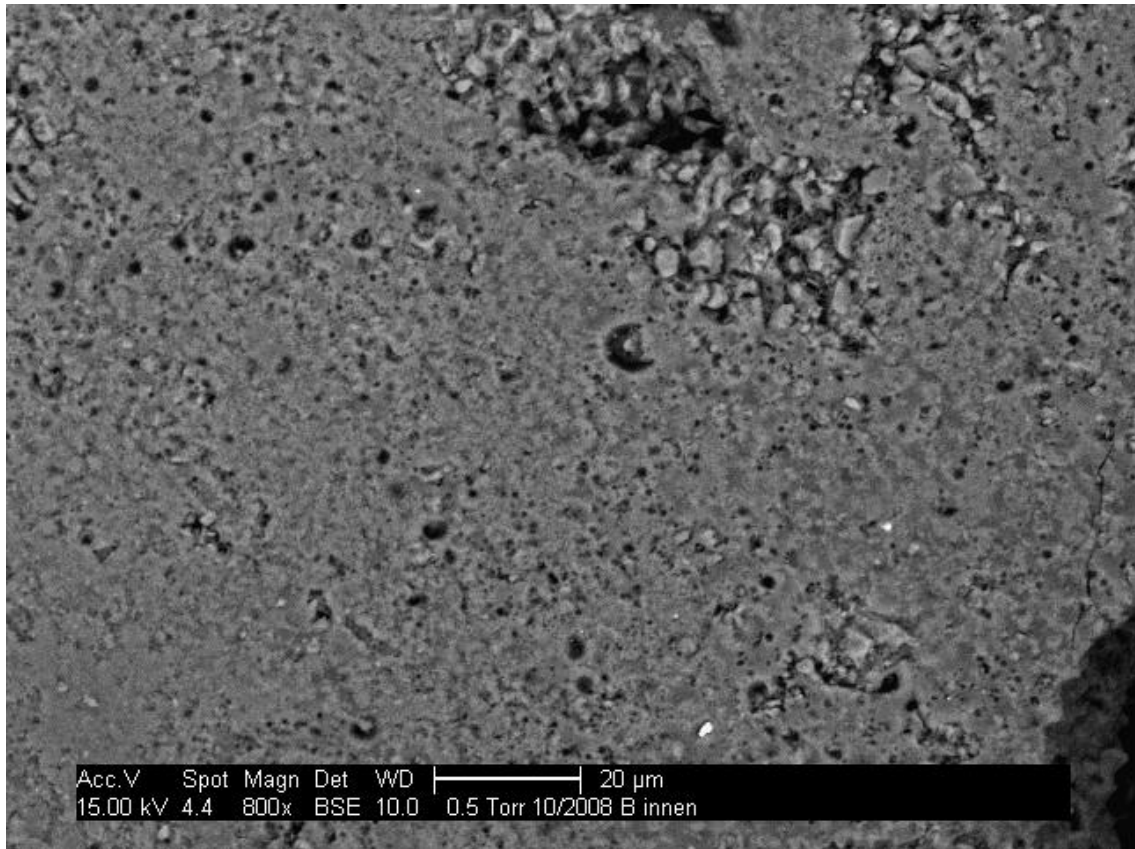


Abb. 74, 75: **Oberfläche der Probe B, Kontaktseite zum Glas** (vgl. Abb. 8)
 oben : elektronenmikroskopische Aufnahme der Oberfläche,
 unten: Elementanalyse auf der Oberfläche

Die Hauptbestandteile sind Calcium (Ca) und Schwefel (S), die auf Gips hindeuten. Silizium (Si)-Anteile sind vermutlich Gelschichtrelikte der verwitterten Glasoberfläche. Kupfer (Cu) und Eisen (Fe) deuten auf Malschichtreste hin.

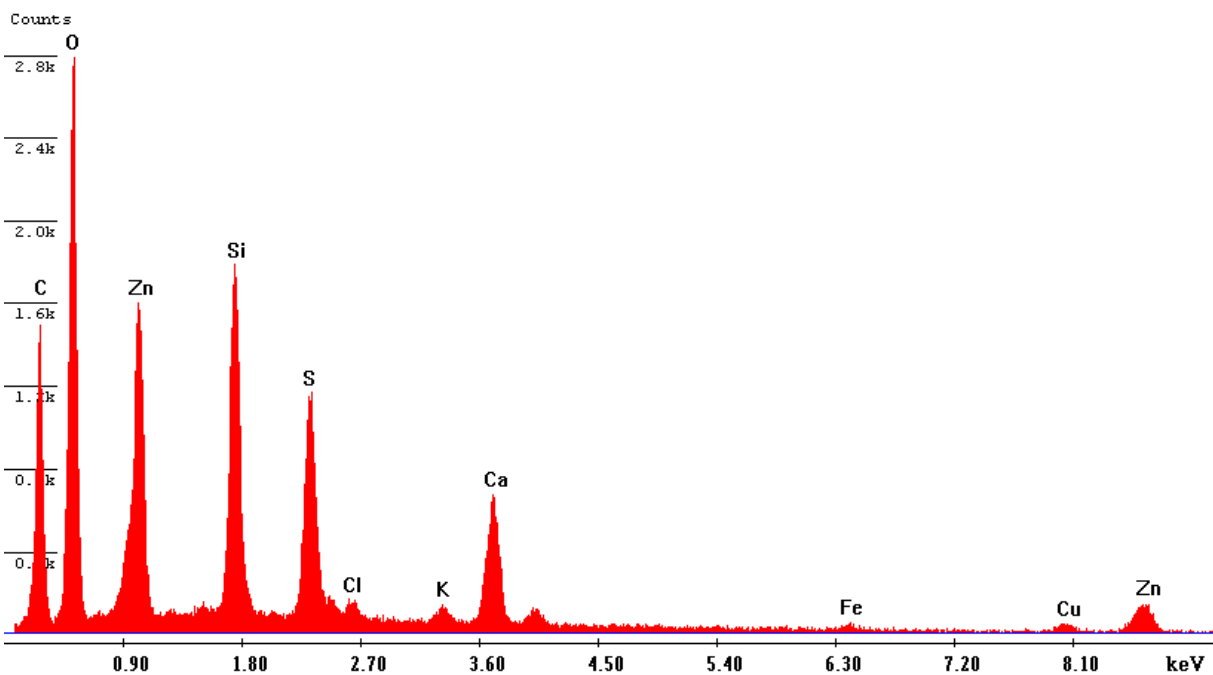
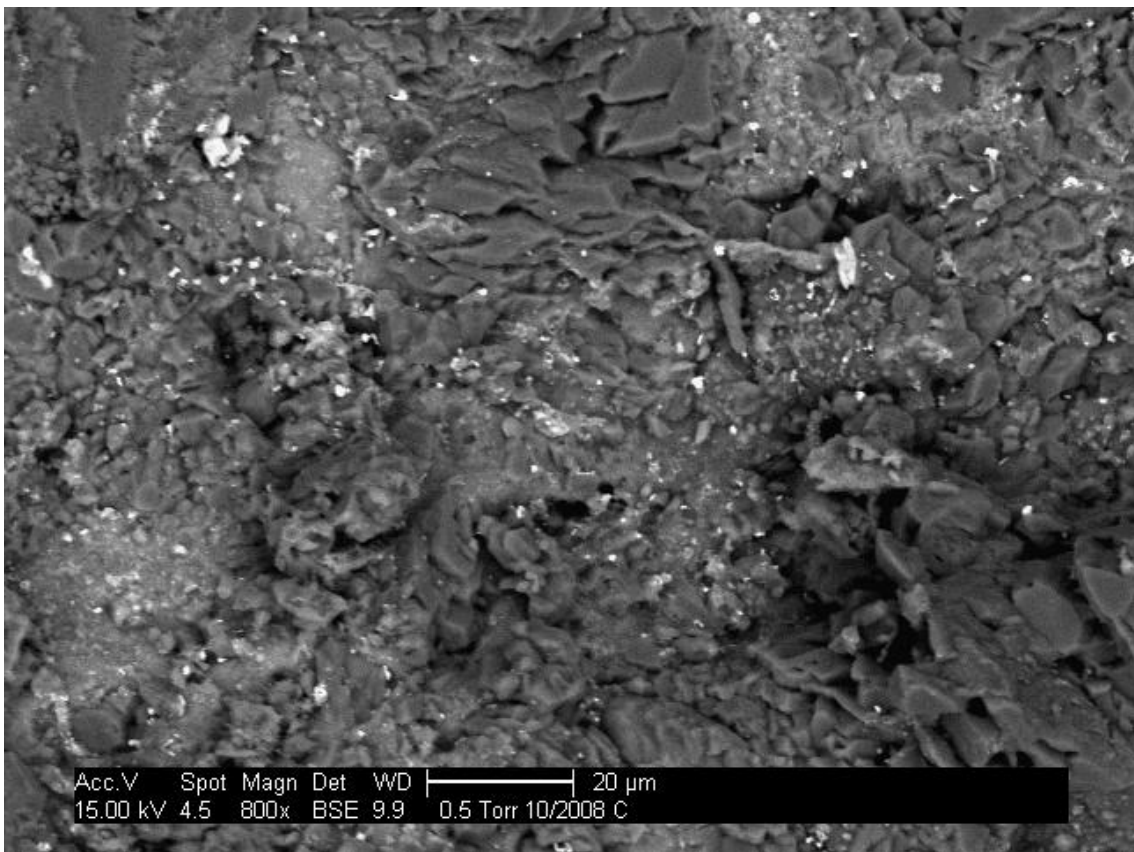


Abb. 76, 77: **Oberfläche der Probe B**, (vgl. Abb. 8)
 oben : elektronenmikroskopische Aufnahme der Oberfläche,
 unten: Elementanalyse auf der Oberfläche

Die Hauptbestandteile sind Silizium (Si) als Gelschichtbestandteile, sowie Calcium (Ca) und Schwefel (S), die auf Gips hindeuten. Kupfer (Cu) und Eisen (Fe) weisen auf Malschichtreste hin. Weiterhin werden deutliche Anteile an Zink (Zn) detektiert.

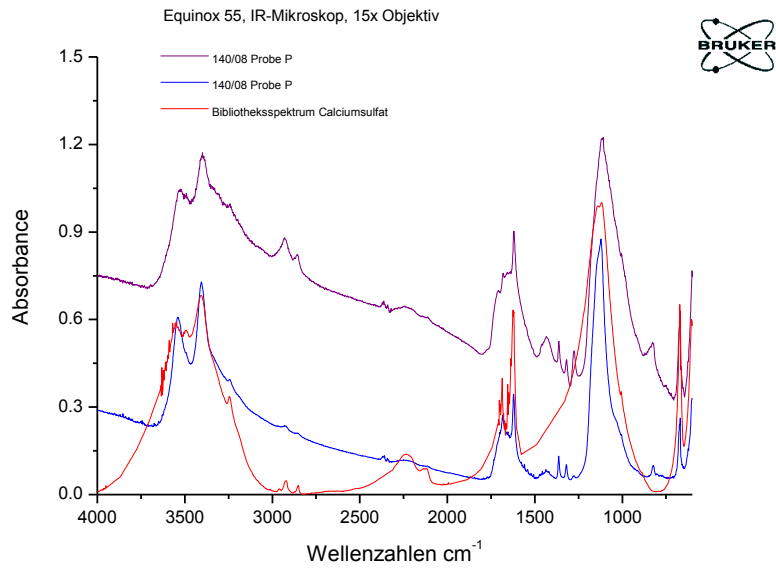


Abb. 78: Übersichtsspektren der Probe 140/08 P6 im Vergleich mit dem Bibliotheksspektrum von Calciumsulfat

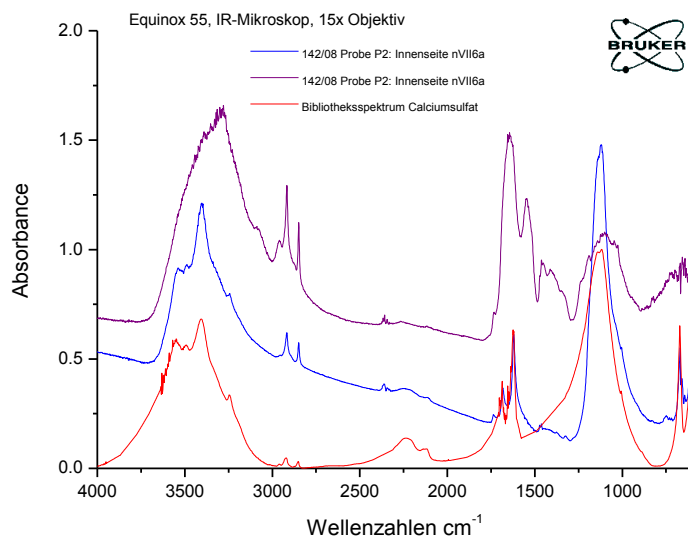


Abb. 79: Übersichtsspektren der Probe 142/08 P2 im Vergleich mit dem Bibliotheksspektrum von Calciumsulfat

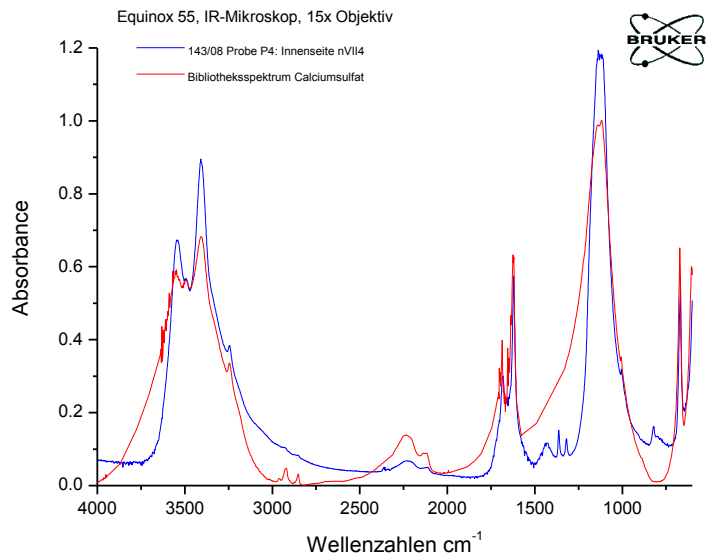


Abb. 80: Übersichtsspektrum der Probe 143/08 P4 im Vergleich mit dem Bibliotheksspektrum von Calciumsulfat

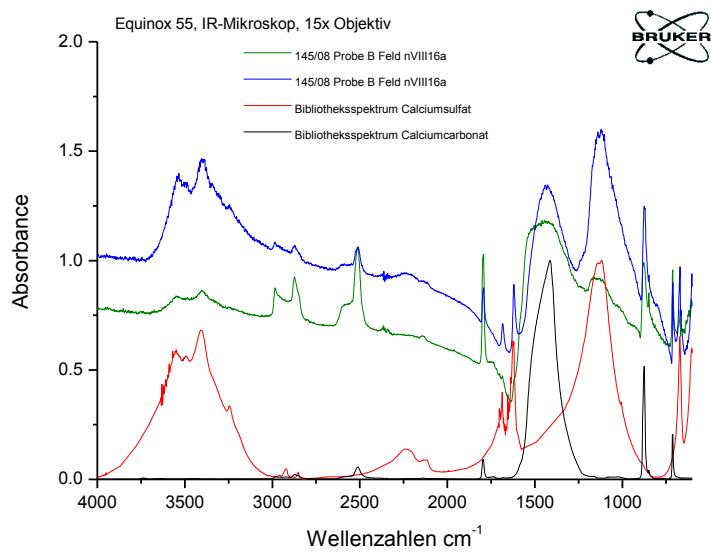


Abb. 81: Übersichtsspektren der Probe 145/08 B im Vergleich mit den Bibliotheksspektren von Calciumsulfat (rot) und Calciumcarbonat (schwarz)

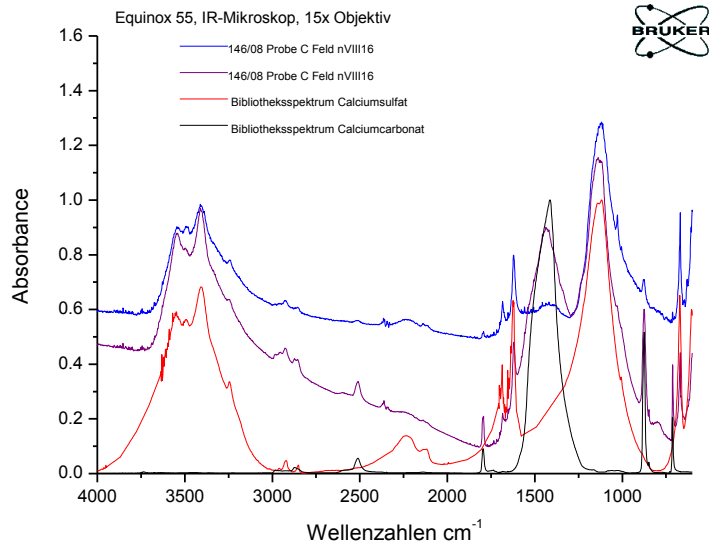


Abb. 82: Übersichtsspektren der Probe 146/08 B im Vergleich mit den Bibliotheksspektren von Calciumsulfat (rot) und Calciumcarbonat (schwarz)

Das Bibliotheksspektrum stammt aus der elektronischen Bibliothek: Hummel Polymer and Additives.

Abbildungsnachweis:

Alle Abbildungen dieses Berichtes wurden in der BAM, Berlin im Rahmen dieses Projektes angefertigt.

Vergleichende Betrachtung der Schäden an Glasmalereischeiben aus dem Hohen Chor des Erfurter Domes

Nicole Sterzing

Die Schwerpunkte des zweiten Untersuchungskomplexes lagen in der Erfassung und Beurteilung von Schadhänomenen an ausgesuchten Scheiben der Nordfenster im Erfurter Dom. Zwei dieser Glasmalereischeiben wurden im 19. Jahrhundert aus dem Bestand des Erfurter Domes entfremdet und werden heute im Bayerischen Nationalmuseum in München und im Victoria&Albert Museum in London aufbewahrt.

Die Einzelfelder weisen aufgrund unterschiedlicher klimatischer Bedingungen, denen sie in situ und während ihrer Lagerung und Präsentation ausgesetzt waren, verschiedene Schädigungsgrade in Glassubstanz und Malerei auf. Hinzu kommen Materialveränderungen, hervorgerufen durch den Einfluss früherer Bearbeitungen und restauratorischer Eingriffe. Die Recherche zu Aufbewahrungsbedingungen und früheren Restaurierungen wurde durch aktuelle Messungen zu den klimatischen Umgebungsbedingungen und Schadstoffmessungen begleitet. Diese Untersuchungen und die vergleichende Betrachtung der Schadhänomene geben Aufschluss über Einflussfaktoren, die für die Schädigung der mittelalterlichen Glasmalereien im Erfurter Dom ausschlaggebend sind. Die Analyse dieser Faktoren ist die Grundlage zur Erstellung eines Pflege- und Monitoringkonzeptes für die Glasmalereien. Damit kann zur Optimierung der Randbedingungen für eine bessere Aufbewahrung und somit Erhaltung der Glasmalereien beigetragen werden.

Der Chor des Erfurter Domes besitzt einen umfangreichen Glasmalereizyklus aus der Zeit zwischen 1380 bis 1420. Hinzu kommen Reste weiterer mittelalterlicher und frühneuzeitlicher Glasmalerei, einige wenige Farbverglasungen von 1895/96 und fünf Fenster mit Glasmalereien von Charles Crodel aus den Jahren 1960 bis 1962.

In das Forschungsprojekt wurde von den insgesamt 13 mittelalterlichen Chorfenstern das Passionsfenster n II und das Apostelmartyrienfenster n IV miteinbezogen. Aus diesen Fenstern hatte man aus den Sockelbereichen jeweils ein Feld im 19. Jahrhundert ausgebaut und über den Kunstmarkt an verschiedene Museen weiterverkauft.

Das Apostelmartyrienfenster n IV befindet sich in der Nordseite des Domes. In dem vierbahnigen Fenster mit 21 Zeilen und Maßwerk sind im unteren Bereich die vier Evangelisten und darüber die Martyrienszenen der zwölf Apostel dargestellt. Die Figuren stehen in Architekturgehäusen. Ein Schriftband mit gotischen Majuskeln und Minuskeln umschließt die gesamte Fensterfläche. Das Fenster besteht zu ca. 98% aus seinem mittelalterlichen Bestand, der um 1380 datiert wird.¹

Für die vergleichende Untersuchung wurde das mittelalterliche Feld n IV 1c ausgewählt (Abb. 3). Die Scheibe zeigt den *Evangelisten Matthäus* und sitzt neben dem Feld n IV 1d, das zwischen 1909-1911 von der Firma Linnemann aus Frankfurt am Main angefertigt worden ist (Abb. 2). Die originale

¹ Drachenberg, 1980, S. 205.

mittelalterliche Scheibe in Position n IV 1d befindet sich heute im Bayerischen Nationalmuseum in München (Abb. 1).

Das Passionsfenster n II befindet sich auf der Nordostseite des Domes. Das vierbahnige Fenster mit 20 Zeilen setzt sich aus insgesamt 76 Rechteckfeldern zusammen. Davon sind 74 mittelalterlichen Ursprungs, deren Entstehung um 1380 datiert wird. Die vier Kopffelder der Lanzettenabschlüsse und das neunzehnteilige Maßwerk wurden zu großen Teilen ergänzt. In den Mittelbahnen des Fensters ist die Passion Christi dargestellt, die in den beiden Seitenbahnen von Propheten flankiert wird. Die Figuren stehen in Architekturgehäusen. Ein umlaufendes Schriftband aus gotischen Majuskeln umschließt als Randborte das Fenster.²

Für die vergleichende Untersuchung wurde das Feld n II 1b in der untersten Zeile ausgesucht (Abb. 22). Das mittelalterliche Feld sitzt neben der Scheibe n II 1c, die heute im Original im Victoria&Albert Museum in London aufbewahrt wird (Abb. 23). An dessen Stelle befindet sich heute eine Kopie des Originalfeldes, die zwischen 1899-1900 vom Königlichen Institut für Glasmalerei Berlin / Charlottenburg angefertigt worden ist (Abb. 25).

Die Untersuchung der mittelalterlichen Felder konnte in den jeweiligen Restaurierungswerkstätten des Erfurter Domes, des Bayerischen Nationalmuseums in München und im Victoria&Albert Museum in London durchgeführt werden. Dabei konnten die im Museum ausgestellten Scheiben aufgrund der laufenden Ausstellungen nur in einem kurzen, begrenzten Zeitraum begutachtet werden. Deren Zustandseinschätzung kann deshalb lediglich einen Überblick geben.

Die Begutachtung der Scheiben enthielt die schriftliche, fotografische und grafische Dokumentation. Es erfolgte die Erfassung des Bestandes, der Schäden, der durchgeführten Maßnahmen einschließlich der verwendeten Materialien und eingesetzten Methoden aus früheren Bearbeitungen an Blei, Glas sowie Bemalung. Schwerpunkt war dabei die Erfassung der Korrosionsschadbilder der Glasoberflächen und die Schädigung der Malerei. Für die fotografische Erfassung wurden von den Feldern Gesamtaufnahmen, von den Vorderseiten im Auflicht und Durchlicht und von den Rückseiten Aufnahmen im Auflicht, angefertigt.

Parallel dazu erfolgte die Recherche und Zusammenstellung der Aufzeichnungen zu früheren Aufbewahrungsbedingungen und der klimatischen Situation sowie zu früheren Bearbeitungen und historischem Bildmaterial.

² Drachenberg, 1980, S. 253.

1. Recherche zur Geschichte und Untersuchung des Erhaltungszustandes zweier entfremdeter Glasmalereischeiben - der *Heilige Markus* im Bayerischen Nationalmuseum in München

Das Bayerische Nationalmuseum (BNM) wurde 1855 vom bayerischen König Maximilian II. auf Anregungen von Archivdirektor Karl Maria Freiherr von Aretin gegründet. Die Ausstellungsstücke des Museums geben einen Überblick über die bayrische und süddeutsche Kultur- und Kunstgeschichte vom Mittelalter bis in die Gegenwart. Der größte Teil der aus dem 13. und 14. Jahrhundert erhaltenen monumentalen Malereien sind Werke der Glasmalerei. Des Weiteren besitzt das Museum einen großen Bestand von Kabinettscheiben aus dem späten 15. und dem frühen 16. Jahrhundert.

Das Bayerische Nationalmuseum ist heute im Besitz des *Evangelisten Markus* – dem Feld 1d aus dem Apostelmartyrienfenster n IV des Erfurter Domes (Abb. 1). Die Entstehung der Glasmalerei wird um 1380 datiert. Heute befindet sich an dessen ursprünglicher Stelle eine Kopie des Originalfeldes, die zwischen 1909-1911 von der Firma Linnemann aus Frankfurt am Main angefertigt worden ist (Abb. 2). Die Kopie Linnemanns orientiert sich an der Glasfarbigkeit, dem Malschichtaufbau und dem Bleinetzverlauf inklusive Ergänzungsstücken und Sprungbleien des mittelalterlichen Originals. Die Kopie ist so gut gelungen, dass man davon ausgehen muss, dass Linnemann die Scheibe für seine Rekonstruktion genau studieren konnte (Vergleich von Abb. 1 und Abb. 2).



Abb. 1 München, BNM, Feld n IV 1d von ~ 1380



Abb. 2 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n IV 1d, Kopie von 1909/11

Jedoch war die Scheibe 1909-11 wahrscheinlich nicht mehr in Erfurt, da sie bereits 1868 im Museumsführer des Bayerischen Nationalmuseums sehr genau beschrieben ist.³ Aber auch die Neudurchsicht der Akten im Rahmen dieser Studie konnte keine Klarheit über den Ankauf der Scheibe erbringen. So kann sich der Erwerb der Scheibe in langen, zum Teil sehr unspezifischen Aufstellungen von Erwerbungen des Museums bei Münchner Händlern verbergen. Das Museum hatte im 19. Jahrhundert seine Ausstellungsstücke fast ausschließlich aus dem lokalen Münchner Handel gekauft.⁴

Die älteste Bilddokumentation des Glasgemäldes im BNM stammt von 1885-1914 (Abb. 5). Eine weitere Aufnahme wurde 1908 angefertigt.⁵

Der *Evangelist Markus*, mit der Inventar - Nr. G 925, wird seit der völligen Umorganisation der Glasmalereibestände im Mai 2000 in Saal 3, im Obergeschoss des Museums ausgestellt. Ein kompletter Raum zeigt dort Glasmalereien in Schauwänden im Rahmen einer Dauerausstellung. Zuvor war die Scheibe an verschiedenen Orten im Museum aufbewahrt worden. Zu den bekannten Standorten der Scheibe im Folgenden ein kurzer Überblick:⁶

- 1972: ausgestellt in Saal 51
- 1977: ausgestellt in Saal 54
- 1978: Restaurierung der Scheibe
- 29.11.1978 bis 18.03.1979: Leihgabe an das Schnütgen-Museum in Köln für die Ausstellung „*Die Parler und der schöne Stil*“
- 1979: ausgestellt in Saal 54
- 1981: aufbewahrt im Depot
- 1982: ausgestellt in Saal 51
- seit Mai 2000: ausgestellt in Saal 3

Über die klimatischen Verhältnisse und Aufbewahrungsbedingungen der Scheibe in der Vergangenheit geben die Aufzeichnungen keine detaillierten Auskünfte. Heute wird die Scheibe senkrecht stehend in einer geschlossenen Schauwand präsentiert. Das Glasmalereifeld selbst ist in einen Metallrahmen eingesetzt. Der Ausschnitt für das Glasgemälde in der Schauwand liegt in ca. 2 m Höhe und ist zum Innenraum hin offen. Rückseitig liegt die Scheibe auf einer Plexiglasscheibe im Abstand von ca. 0,5 bis 1 cm auf. Zwischen der Stellwand für die Glasmalereien und der Raumwand befindet sich ein begehrbarer, geschlossener Zwischenraum von ca. 0,50 m Tiefe. Die Beleuchtung der Glasmalereien erfolgt über seitlich in der Schauwand angebrachte Kaltlichtlampen.

Im Vergleich der Erhaltungszustände der Glasmalereien des Apostelmartyrienfensters sollten die Bedingungen im Kirchenraum und unter musealen Verhältnissen gegenübergestellt werden, um daraus Rückschlüsse auf Schadentwicklungen ziehen zu können. Deshalb wurde das Klima an dem Glasmalereifeld im BNM innerhalb einer Jahresmessung aufgezeichnet.⁷ Die Behandlung der Scheibe während der einzigen bekannten Restaurierung

³ Frdl. Auskunft Dr. Matthias Weniger, Referent für Skulptur und Malerei vor 1550 im BNM. Verweis auf den Museumsführer 1868, S. 54 sowie auf Schinnerer 1908, 23, Nr. 89, Tafel 12 und Lymant 1978, S. 563.

⁴ Frdl. Auskunft Dr. Matthias Weniger.

⁵ Schinnerer 1908, Nr. 89, Tafel 12.

⁶ Frdl. Auskunft Herr Rainer Richter, Leiter der Kunsthandwerkrestaurierung im BNM.

⁷ Die Klimamessungen liefen von Juni 2009 bis August 2010.

1978 ist in einer knappen Restaurierungsdokumentation des damaligen Leiters der Restaurierungswerkstätten dargelegt: ⁸

- Scheibe gefertigt, gereinigt – Wachsverkittungen entfernt
- Zurechtbiegen der deformierten Bleiruten
- neue Leinölkittung
- Endreinigung mit Schlemmkreide und Sägemehl

Da sich die Scheibe bereits seit 1868 nachweislich im Bayerischen Nationalmuseum in München befindet, könnte der 1829-31 am Erfurter Dom tätige Stanislaus von Pereira die Scheibe aus dem Bestand entnommen und über den Kunstmarkt verkauft haben. ⁹ Dadurch wurde die Scheibe vor dem Einfluss der Luftschadstoffe und Witterungsverhältnisse am Erfurter Dom ab Mitte des 19. Jahrhunderts bewahrt. Ebenso wurde die Scheibe wahrscheinlich nicht bei den intensiven Restaurierungen in den 1856-60er Jahren unter Keßler und Lang ¹⁰ bearbeitet. Das beides zu Schäden an den Glasmalereien im Erfurter Dom geführt hat, zeigt eindrucksvoll der Vergleich zwischen den Glasoberflächen von diesem Feld und den übrigen im Erfurter Dom verbliebenen Scheiben des Apostelmartyrienfensters (Abb. 3 - Abb. 4, Abb. 9 - Abb. 12).



Abb. 3 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n IV 1c von ~ 1380, Innenseite im Durchlicht



Abb. 4 München, BNM, Feld n IV 1d von ~1380, Innenseite im Durchlicht

⁸ Aufzeichnung im BNM, handschriftliche Eintragungen von F. Schott, 1980.

⁹ Drachenberg, 1980, S. 253.

¹⁰ Bornschein, 1996, S. 46-58.

Während die Felder im Erfurter Dom bei den Restaurierungen von 1899-1900 und zwischen 1909-11 komplett neu verbleit worden sind,¹¹ ist bei der Scheibe im BNM das mittelalterliche Bleinetz erhalten geblieben.¹² Das Blei besteht aus 4,5 – 5,0 mm breiten Bleiwangen mit halbrundem Profil und besitzt keine Riffelung am Kern. Die Ruten sind nur an den Eckverbindungen verlötet (Abb. 6).¹³ In das Bleinetz hat man bei einer früheren Restaurierung 5,0 mm breite Sprungbleie eingefügt, die vollflächig verzinkt sind.

Diese Sprungbleie wurden bei der Restaurierung des Feldes im BNM 1978 zum Teil wieder entfernt und die Glassprünge wurden geklebt (z.B. im roten Gewand).

Auch hat man einige Ergänzungen eingefügt. So sind der Buchstabe O, rechts im Schriftband und acht kleine Ergänzungen in der gedrehten Säule links im Bild eine spätere Zutat (Abb. 4). Neben diesen Ergänzungen hatte man aber auch mittelalterliche Gläser wie das Gesicht des Heiligen nachträglich übermalt (Abb. 8). Diese Überarbeitungen müssen vor 1909-1911 durchgeführt worden sein, da sie von Linnemann in die Kopie für den Erfurter Dom miteingearbeitet worden sind (Abb. 2).

Die Schwarzlotmalerei des *Heiligen Markus* befindet sich in einem guten Erhaltungszustand. Sie zeigt den ursprünglichen Malschichtaufbau, wie er durch die starke Korrosion und aufgrund der Malereiverluste bei den Glasmalereien im Erfurter Dom leider nur noch teilweise vorhanden ist (Abb. 3, Abb. 4, Abb. 7):

Die bräunlich gefärbte Schwarzlotbemalung besteht aus einem flächig aufgetragenen, dünn vertriebenen Überzug und einer feinen, pastosen Kontur. Darüber liegt eine halbtransparente Lasur, die für die Schattierungen aufgebracht wurde. Abschließend wurden mit einem feinen Werkzeug die Höhungen aus den Malschichten ausgekratzt.

Auf den Glasrückseiten ist auf einigen Gläsern eine dünne, halbtransparente Lasur erhalten geblieben.



Abb. 5 München, Bayerisches Nationalmuseum, mittelalterliches Feld n IV 1d, Fotoaufnahme von 1885-1914

¹¹ Bornschein, 1996, S. 59-83.

¹² Das Feld n IV 1d ist 76,5 cm hoch und 47,5 cm breit. Das Feld n IV 1c besitzt eine Höhe von 77,6 cm und eine Breite von 52,6 cm.

¹³ Herzlichen Dank an Herrn Rainer Richter, Leiter der Kunsthandwerkrestaurierung im Bayerischen Nationalmuseum München für die freundliche Unterstützung bei der Vorbereitung und Untersuchung der Scheibe. Für die Begutachtung des Feldes konnte ein Tag genutzt werden, an dem die Ausstellung geschlossen blieb. Unmittelbar nach der Untersuchung wurde die Scheibe wieder in die Schauwand zurückgebracht.

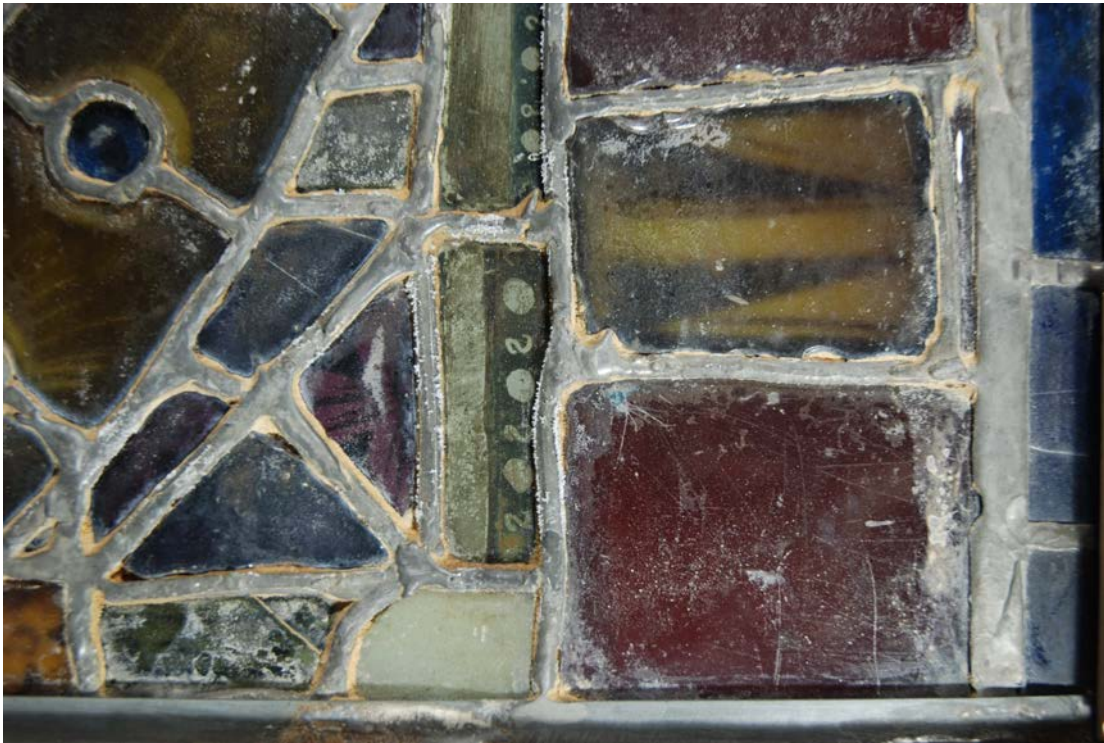


Abb. 6 München, Bayerisches Nationalmuseum, Feld n IV 1d von ~1380, Außenseite im Auflicht, mittelalterliches Bleinetz



Abb. 7 München, BNM, Feld n IV 1d von ~1380, Innenseite im Durchlicht, Zustand der Bemalung



Abb. 8 München, BNM, Feld n IV 1d von ~1380, Innenseite im Durchlicht, Malerei im Gesicht wurde nachträglich überarbeitet.

1.1. Korrosive Schäden an den Gläsern der Scheibe n IV 1d – der Heilige Markus

Eine Vielzahl der Farbgläser ist auf der Glasinnenseite fast vollständig intakt und der ursprüngliche Feuerschmelz ist komplett erhalten geblieben (z.B. das gelbe Glas der Flügel, die weißen Gläser im Randstreifen und in der Säule in Abb. 13). Nur bei den blauen Farbgläsern geht die vereinzelte, punktförmige Korrosion in die Fläche über (blaue Gläser im rechten Randstreifen in Abb. 15). Außerdem sind die roten Überfanggläser im unteren Feldbereich in stärkerem Maße korrodiert. Bei diesen Gläsern ist die Glasoberfläche punktförmig bis flächig unterwandert und die obere Glasschicht gelblich verfärbt. In mehreren Bereichen ist diese Schicht bis auf das darunter liegende Grundglas abgeplatzt (rote Gläser im Schriftzug in Abb. 17).

Im Gegensatz zu den Glasinnenseiten sind die Rückseiten stärker korrodiert. Die punktförmig bis flächig auftretende Korrosion ist auf fast allen Gläsern weißlich gefärbt (Abb. 16). Nur bei den roten Überfanggläsern und vereinzelt den blauen Farbgläsern zeigt die Korrosion eine gelbliche Färbung (Abb. 18 und Abb. 19). Dicke Korrosionskrusten sind nicht vorhanden.



Abb. 9 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n IV 1c von ~1380, Innenseite im Auflicht



Abb. 10 München, BNM, Feld n IV 1d von ~1380, Innenseite im Auflicht



Abb. 11 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n IV 1c von ~1380, Außenseite im Auflicht



Abb. 12 München, BNM, Feld n IV 1d von ~1380, Außenseite im Auflicht

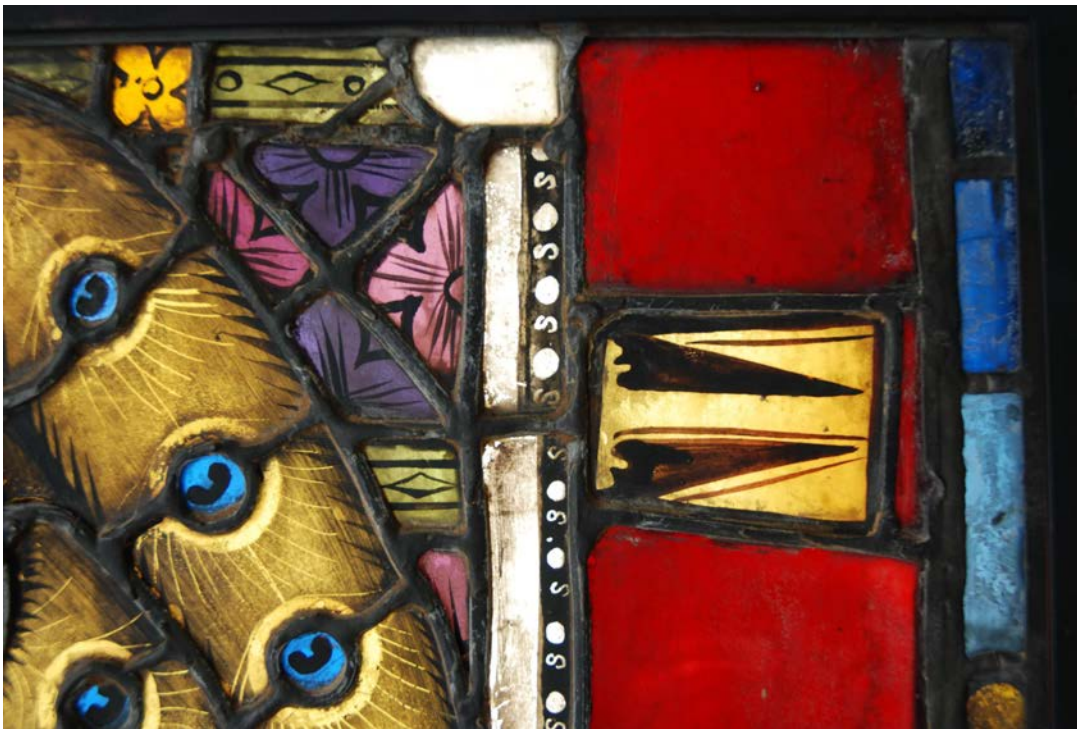


Abb. 13 München, BNM, Feld n IV 1d von ~1380, Detail der Innenseite im Durchlicht, intakte und kaum korrodierte Glasoberflächen, Malerei gut erhalten

Die einzelnen Schadbilder lassen sich in die fünf folgenden Kategorien einteilen:

Korrosionsstadium 1a:

Die intakte Glasoberfläche bricht punktuell auf und in den geöffneten Punkten sammeln sich Korrosionsprodukte (Abb. 14).



Abb. 14 München, BNM, Feld n IV 1d von ~1380, Detail der Innenseite im Auflicht, überwiegend intakte Glasoberflächen und vereinzelt punktförmige Korrosion (rotes Überfangglas)

Korrosionsstadium 2a:

Die punktförmige Korrosion verdichtet sich und geht in eine flächige Korrosionsschicht über. Es findet eine seitliche Vergrößerung der Löcher und ein Zusammenwachsen der Einzelkrater statt (blaues Glas im rechten Randstreifen in Abb. 15).

Korrosionsstadium 1b und 2b:

Parallel zu den Schadbildern 1a und 2a tritt folgendes Schadbild auf: im Gegensatz zum Stadium 1a scheint die Glasoberfläche über den punktförmig ausgebildeten Löchern mit Korrosionspunkten geschlossen. Die Punkte mit den Korrosionsprodukten sind weißlich bis gelblich gefärbt (Abb. 19). Im fortgeschrittenen Stadium verdichtet sich die punktförmige Korrosion zu einer flächigen Korrosionsschicht (Abb. 16 und Abb. 17). Bei den Glasaußenseiten sind diese Flächen überwiegend weißlich gefärbt (Abb. 16). Bei den roten Überfanggläsern hat sich das Stadium 2b auf der Glasinnenseite und der Rückseite als gelblich gefärbte Schicht ausgebildet (Abb. 17 und Abb. 19).



Abb. 15 München, BNM, Feld n IV 1d von ~1380, Detail der Innenseite im Auflicht, KO 2a: punktförmige bis flächige Korrosion im blauen Randstreifen



Abb. 16 München, BNM, Feld n IV 1d von ~1380, Detail der Außenseite im Auflicht, KO 1b-2b: weißlich verfärbte Bereiche in der oberen Glasschicht



Abb. 17 München, BNM, Feld n IV 1d ~1380, Detail der Innenseite im Auflicht, KO 2b: gelblich gefärbte Glaskorrosion im unteren Feldbereich

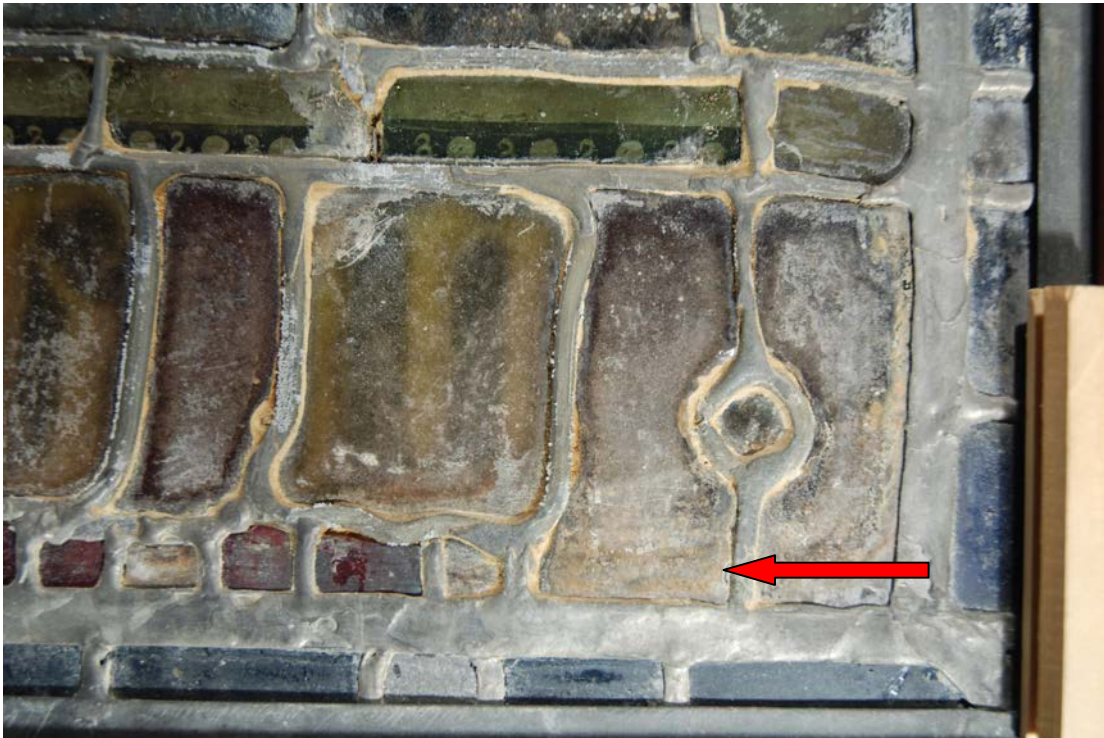


Abb. 18 München, BNM, Feld n IV 1d ~1380, Detail der Außenseite im Auflicht, KO 2b: stärker korrodierte rote Gläser im unteren Feldbereich

Korrosionsstadium 3:

Die obere Glasschicht ist vollständig zerstört und der originale Feuerschmelz ist verloren gegangen. Diese Oberflächen sind rau und es liegen vereinzelt Korrosionsprodukte in pudriger Konsistenz auf (Abb. 19).

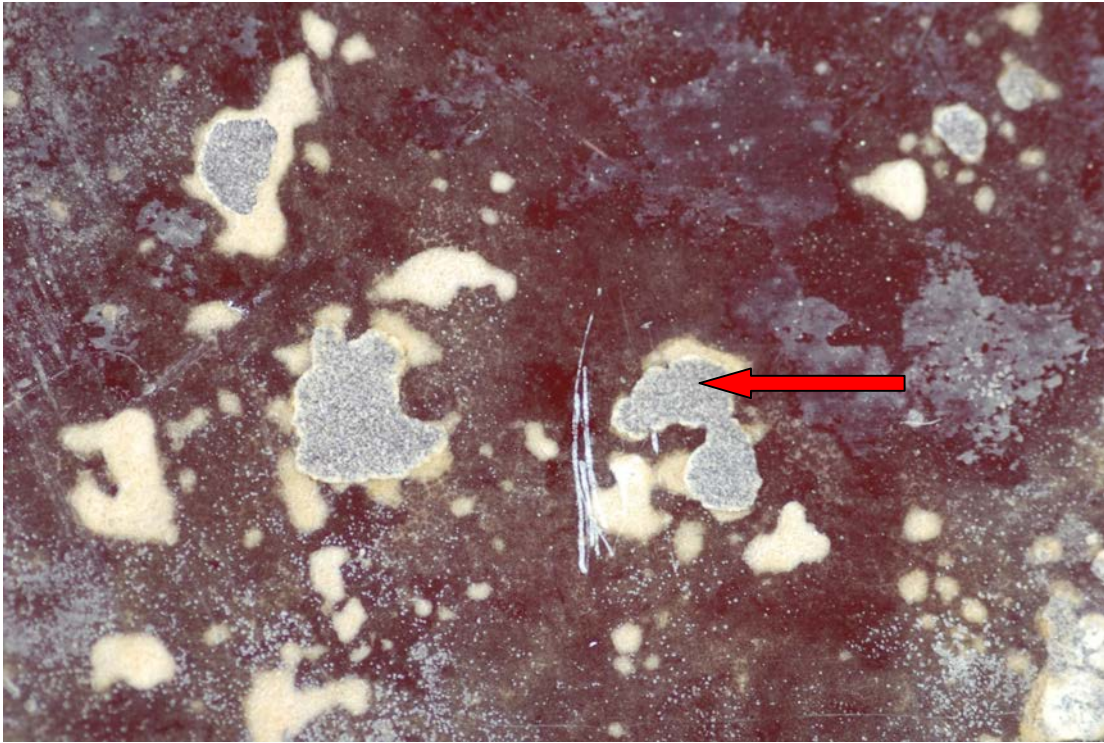


Abb. 19 München, BNM, Feld n IV 1d ~1380, Detail der Außenseite im Auflicht, rotes Übergangsglas, KO 2b und 3, gelbe Schicht platzt partiell aus

Im Rahmen der Untersuchung der Scheibe im BNM wurden weiße kristalline Ausblühungen entlang des Bleinetzes festgestellt (Abb. 20). Die Ausblühungen treten verstärkt an der Feldrückseite auf, sind aber auch auf der Innenseite vorhanden (Abb. 6). Die Analyse der entnommenen Materialproben ergab, dass es sich bei diesen Ausblühungen um Bleicarbonat handelt.¹⁴ Bleicarbonat ist ein Produkt von Bleiacetat, das durch die Reaktion von Bleioxid mit Essigsäure entstehen kann. Essigsäure wiederum könnte aus bestimmten Holzwerkstoffen emittiert sein, die man für die Rahmenkonstruktionen bzw. die Vitrinen für frühere Ausstellungen verwendet hatte.

Diese Ausblühungen treten weder bei den in situ eingebauten Glasmalereien im Erfurter Dom, noch bei der Scheibe im V&A in London auf.

¹⁴ Torge, 2010, S. 26.



Abb. 20 München, BNM, Feld n IV 1d von ~1380, Detail der Außenseite im Auflicht, kristalline Ausblühung entlang des Bleinetzes

2. Recherche zur Geschichte und Untersuchung des Erhaltungszustandes zweier entfremdeter Glasmalereischeiben – *Der Einzug Christi in Jerusalem* im Victoria&Albert Museum in London

Das Victoria and Albert Museum (V&A) wurde im Jahr 1852 unter der Bezeichnung "*South-Kensington-Museum*" gegründet und beherbergt die größte Sammlung von Kunstgewerbe und Design der Welt. Prinz Albert, der Gemahl Queen Victorias, schuf zusammen mit dem Kunstmäzen und ersten Direktor Henry Cole ein Konzept für ein Museum, das die „Anwendung der Kunst im Handwerk“ zeigen sollte. Artefakte von vielen der reichsten Kulturen dieser Erde aus über 3000 Jahren, darunter Keramik, Möbel, Mode, Glas, Schmuck, Metallarbeiten, Fotografien, Skulpturen, Textilien und Gemälde, sind in diesem Museum untergebracht.¹⁵ Der Schwerpunkt der Glassammlung liegt vorwiegend auf den mittelalterlichen und nachmittelalterlichen Glasmalereien des ausgehenden 15. bis 17. Jahrhunderts, die in der Hauptsache aus Deutschland und den Niederlanden stammen.¹⁶

¹⁵ Williamson, 2003, S. 45, 137.

¹⁶ Georgi, 2002, S.63.

1912 kaufte das Victoria&Albert Museum das Glasmalereifeld n II 1c von dem Londoner Händler Grosvenor Thomas. Bereits 1925 identifizierte Bernard Rackham¹⁷ das Bild als die rechte Hälfte des triumphalen Einzugs Christi in Jerusalem aus dem Passionsfenster n II im Erfurter Dom (Abb. 21).

Links im Bild ist ein bärtiger Mann dargestellt, der mit einer kurzen roten Tunika und einer weißen Strumpfhose mit spitzen Schuhen bekleidet ist. Seine violette Haube ist nach hinten geschlagen. Er trägt die Ärmel eines gelben Gewandes, das auf dem Boden liegt.

Eine weitere Figur hält in der rechten Hand erhoben einen Palmzweig. Der Mann ist mit einem kurzen violetten Rock und gelber Strumpfhose mit spitzen Schuhen bekleidet. Darüber trägt er ein langes blaues Kleid mit Kapuze.

Der Hintergrund ist in Grün mit Ranken und Blüten gestaltet. Flankiert wird das Bild von einem roten Hintergrund, der ebenfalls mit Ranken und Blüten verziert ist.



Abb. 21 London, V&A, Feld n II 1c von ~1380, Innenseite im Durchlicht

Das Feld n II 1c saß ursprünglich im Passionsfenster des Erfurter Domes. Stellt man die Scheibe neben die angrenzende, mittelalterliche Scheibe n II 1b, wird das Ineinandergreifen der Gestaltungselemente deutlich (Abb. 22 und Abb. 23). Die Proportionen und Anschlüsse im Gewand und im Hintergrund sowie die Glasfarbigkeiten stimmen überein. Das gelbe Gewand ist übergreifend in beiden Feldern dargestellt. Auch der rote Hintergrund wird rechts und links im Bildrand der beiden Felder fortgeführt.

Eine wesentliche Veränderung hat die Scheibe 1c erfahren, in dem man den unteren Bildbereich mit Schriftzug und Perlstab sowie die Säule im rechten Bildrand abgetrennt hat.¹⁸

Auch hat man die runde gelbe Frucht im oberen linken Bildrand bei einer jüngeren Reparatur eingefügt. Weitere kleinere Ergänzungen befinden sich im linken unteren Bildrand sowie im oberen Bildbereich. Die Ergänzungen scheinen mit der Neuverbleiung des Feldes eingefügt worden zu sein. Wann die Neuverbleiung und Maßveränderung erfolgte sowie die Ergänzungen eingefügt worden sind, konnte nicht eindeutig geklärt werden. Ein Foto, das nach dem Erwerb der Scheibe 1912 aufgenommen worden ist, zeigt schon damals den heute vorhandenen Bestand (Abb. 29).¹⁹

¹⁷ Rackham, 1925, S.183-184.

¹⁸ Das Feld n II 1c ist 63,3 hoch und 44,8 cm breit. Im Vergleich dazu ist das Feld n II 1b 77,6 cm hoch und 52,6 cm breit.

¹⁹ Auch Wentzel beschreibt die gelbe Ergänzung. Wentzel, 1967, S. 97-98.



Abb. 22 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n II 1b von ~1380, Innenseite im Durchlicht



Abb. 23 London, V&A, Feld n II 1c von ~1380, Innenseite im Durchlicht

Dem V&A ist nicht bekannt, woher der Händler Thomas das Feld erworben hat. Aus den vorhandenen Aufzeichnungen des Museums geht hervor, dass man das Feld zum Zeitpunkt des Ankaufs zunächst als englisch einstufte und um ca. 1300 datierte.²⁰

Wann man das Glasmalereifeld aus dem Bestand des Passionsfensters entnommen und über den Kunstmarkt verkauft hat, ließ sich bisher nicht belegen. Jedoch lässt das heute in der Position n II 1c sitzende Feld – eine Neuanfertigung von 1899/1900 vom Königlichen Institut für Glasmalerei Berlin/Charlottenburg – die Vermutung zu, dass sich das Feld bereits zu diesem Zeitpunkt nicht mehr im Erfurter Dom befunden hat. So hat man statt einer exakten Kopie des mittelalterlichen Feldes, wie es die Firma Linnemann etwa zeitgleich bei dem Feld n IV 1d im Apostelfenster vorgenommen hat (Abb. 1 und Abb. 2), eine Neuinterpretation des Motivs angefertigt (Abb. 25).

Auch wenn das Königliche Institut die Figurengruppe anders gestaltete, so orientierte man sich dennoch an der Glasfarbigkeit, Maltechnik und dem korrosiv geschädigten Erscheinungsbild der mittelalterlichen Felder des Passionsfensters.

²⁰ Handschriftliche Aufzeichnungen des V&A. Nach Rackham wiesen auch Rüdiger Becksmann und Hans Wentzel in den 1960er Jahren das Glasmalereifeld eindeutig dem Erfurter Dom zu.



Abb. 24 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n II 1b von ~1380, Innenseite im Durchlicht



Abb. 25 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n II 1c von ~1380, Innenseite im Durchlicht, Neuanfertigung von 1899/1900

Aber bereits vor dieser Neuanfertigung befand sich die originale mittelalterliche Scheibe nicht mehr an dieser Stelle. Es existiert eine farbige Zeichnung der Firma Derix, aus der Zeit zwischen 1861-1899, die das damals eingebaute Feld zeigt (Abb. 26).²¹ Das auf der farbigen Zeichnung zu sehende Feld war von dem Glasmaler Keßler aus Eisenach nach einem Entwurf des Erfurter Malers Lang zwischen 1856-1860 angefertigt worden.²² Bereits damals hatten Kessler und Lang das originale Motiv verändert. Vermutlich war Ihnen das mittelalterliche Feld nicht mehr bekannt gewesen. Demnach hat wahrscheinlich der zwischen 1829-31 am Erfurter Dom tätige Stanislaus von Pereira die Scheibe aus dem Bestand entnommen und über den Kunstmarkt verkauft.

Mit der umfassenden Restaurierung des Bestandes Ende des 19. Jahrhunderts wurden vom Königlichen Institut für Glasmalerei und von Linnemann alle Ergänzungen und neu angefertigten Felder aus früheren Restaurierungen wieder entfernt. Über den heutigen Verbleib des Feldes von Keßler ist nichts in den vorhandenen Akten zu finden.

²¹ Farbentwurf im Besitz der Firma Derix. Dem Dombauamt liegt eine Farbfotografie der Zeichnung vor.

²² Bornschein, 1996, S. 52-59.

Das V&A in London hatte vor den 1960/70er Jahren keine speziell auf Glasmalerei ausgerichtete Galerie. Über die Aufbewahrung und Präsentation ist bekannt, dass man das Feld von 1992 bis 2002 in der Galerie 111 ausgestellt hatte. Von Oktober 2002 bis Februar 2004 wurde es außerhalb des Museums im Blythe House gelagert. Von Februar 2004 bis zum November 2005 wurde die Scheibe restauriert und ist seitdem in der „*Sacred Silver & Stained Glass Gallery*“ in Raum 83 ausgestellt. Dort wird sie seit 2005 in einer feststehenden Schauwand, in der Vitrine S2 präsentiert (Abb. 27).

Die Schauwand besteht aus einer Metallkonstruktion, in der in einzelnen Rechteckrahmen mittelalterliche Glasmalereischeiben unterschiedlicher Herkunft gezeigt werden. Die einzelnen Rahmen sind durch Metallstreben miteinander verbunden. Die Zwischenräume sind offen. Die Scheibe n II 1c ist in einem Metallrahmen eingesetzt und wird innenseitig von einer direkt auf dem Bleinetz aufliegenden Plexiglasscheibe geschützt. Rückseitig ist der Rahmen und damit die Feldrückseite komplett offen. Die Scheibe ist in einer Höhe von ca. 2 m angebracht. Rechts und links der einzelnen Bildrahmen sind jeweils zwei LED-Lampen (High-Output-Luxeon LED-Module) angebracht, die das Glasbild hinterleuchten. Diese Leuchten sind in der Regel zwischen 10 und 18 Stunden pro Tag, an 364 Tagen im Jahr in Betrieb. In den Sommermonaten können sie abgeschaltet werden, wenn das natürliche Licht stark genug ist, um die Schauwand ausschließlich mit Tageslicht zu beleuchten. Die elektronischen Transformatoren für die LED-Lampen stehen in der unteren Ecke der einzelnen Metallrahmen.²³

Die Schauwand steht im Abstand von ca. 50 cm vor einer Fensteröffnung, die sich in der Westfassade des Gebäudes befindet.



Abb. 26 farbige Zeichnung, zwischen 1861-1899 entstanden



Abb. 27 London, V&A, Schauwand mit dem Feld n II 1c

²³ Herzlichen Dank an Frau Sherrie Eatman, der leitenden Restauratorin für den Bereich Glasmalereirestauration für die freundliche Unterstützung bei der Vorbereitung und Untersuchung der Scheibe.

Vom V&A wurden der Verfasserin Messprotokolle übergeben, die ein Datenlogger seit Juni 2006 über drei Jahre hinweg im Ausstellungsraum 83 aufgezeichnet hat.²⁴ Jedoch war der Datenlogger nicht im Bereich der Schauwand mit dem untersuchten Glasmalereifeld positioniert, sondern stand auf der gegenüberliegenden Vitrine. Somit sind die Messdaten nicht repräsentativ für die reale Klimasituation der Scheibe in der Schauwand. Eigene Messungen zum Klima und zur Schadstoffbelastung wurden im Rahmen des Projektes nicht durchgeführt.

Die Aufzeichnung zu früheren Restaurierungen des Feldes n II 1c im V&A gehen nur bis 2004 zurück. Demnach wurde die erste bekannte Restaurierung des Feldes erst 2004/2005 durchgeführt. Jedoch zeigt eine alte s/w-Aufnahme des Feldes von vermutlich 1912 (Abb. 29), dass sich das Feld im Bezug auf die Schwarzlotmalerei schon damals in dem heutigen Zustand befunden hat. Anders stellt sich der Verschmutzungsgrad der Glasaußenseiten dar. Auf dem Foto von 1912 sind deutlich dunkle Ränder auf den Rückseiten zu erkennen, die heute abgenommen zu sein scheinen. Diese Reinigung dürfte auf eine ältere Restaurierung vor 2001 zurückgehen, über die keine Aufzeichnungen im V&A existieren.²⁵



Abb. 28 London, V&A, Feld n II 1c von ~ 1380, Innenseite im Durchlicht



Abb. 29 London, V&A, Feld n II 1c von ~ 1380, Foto vermtl. von 1912

²⁴ Herzlichen Dank an Frau S. Eatman.

²⁵ Frdl. Auskunft von Frau S. Eatman.

Aufzeichnung zur Restaurierung des Feldes 2004/2005 im V&A: ²⁶

- vorsichtige Reinigung der Innenseite und Außenseite der Gläser mit in deionisiertem Wasser getränktem Wattestäbchen von losem Schmutz und Dreck, keine Abnahme von Korrosionsprodukten
- Polieren der Bleiruten mit Zebo (schwarze Kaminpolitur) auf einem Baumwolltuch
- Abbürsten loser Korrosionsprodukte von der Rückseite der Randleie des Bleinetzes mit Stahlwolle
- Montage der Scheibe in einem Metallrahmen mit Plexiglas

Im Gegensatz zur Scheibe in München hat sich bei der Scheibe im V&A das ursprüngliche, mittelalterliche Bleinetz nicht erhalten. Das vorhandene Bleinetz besteht im Feldinneren aus einer 6 mm breiten Bleiwange mit beidseitiger Schnur. Vereinzelt sind Sprungbleie, wie im Kopf und im Oberkörper des bärtigen Mannes, eingefügt, die eine 4 mm cm breite Bleiwange ebenfalls mit beidseitiger Schnur besitzen. Die Feldrahmung besteht aus einem 1,4 cm breiten Randlei, ebenfalls mit beidseitiger Schnur. Diese Bleie sind nur an den Eckverbindungen miteinander verlötet (Abb. 30). Vollflächig verzinnte Bleie mit einer 4 mm breiten Bleiwange sind nur vereinzelt eingefügt worden.



Neben der gelben Frucht im oberen linken Bildrand, vermutet die Verfasserin, dass es sich auch bei den drei blauen Gläsern im linken unteren Bildrand sowie bei den sechs blauen Gläsern im oberen Bildrand um Ergänzungen handelt (Abb. 28).

Abb. 30 London, V&A, Feld n II 1c von ~ 1380, Detail der Innenseite im Auflicht

Auch zwei rote Gläser im rechten Bildrand scheinen nicht zum ursprünglichen Bestand zu gehören. Die Gläser zeigen keine Korrosionserscheinungen (Abb. 28). Um eine ältere, vermutlich noch mittelalterliche Ergänzung könnte es sich bei einem gelben Glasstück im Palmwedel handeln (Abb. 34). Zwar ist das Glas im Anfangsstadium korrodiert, jedoch stimmt es in Glasfarbigkeit und Malerei nicht ganz mit dem mittelalterlichen Bestand überein. ²⁷

²⁶ Frdl. Auskunft von Frau S. Eatman.

²⁷ Für die Begutachtung des Feldes blieben insgesamt 3 Stunden Zeit, da die Scheibe wieder in die laufende Ausstellung zurückgebracht werden musste.

2.1. Korrosive Schäden an den Gläsern der Scheibe n II 1c – *Der Einzug Christi in Jerusalem*

Die Malerei des Feldes im V&A ist weniger gut erhalten als bei der Scheibe in München. Die Schwarzlotkonturen sind partiell ausgedünnt und an den Konturrändern ausgefranst. Dieses Erscheinungsbild ist möglicherweise auf eine frühere Reinigung der Scheibe zurückzuführen. Feine Kratzer in der Malschicht deuten auf eine mechanische Reinigung der Oberflächen hin (Abb. 33 und Abb. 34). Zusätzlich sind die Gläser stärker korrodiert, wodurch vor allem dünne Malüberzüge wie im Bereich der Inkarnate verloren gegangen sind (Abb. 33).

Auf den Glasaußenseiten sind nur wenige Reste der ursprünglichen Malerei erhalten geblieben (Lasuren im gelben Hemd und so genannte Negativzeichnung in der Kapuze der rechten Figur).



Abb. 31 London, V&A, Feld n II 1c von ~ 1380, Innenseite im Auflicht



Abb. 32 London, V&A, Feld n II 1c von ~ 1380, Rückseite im Auflicht

Die Glasoberflächen der Innenseiten sind gut erhalten, wenn auch im Vergleich zum Feld im BNM etwas stärker korrodiert. Es gibt nur wenige Gläser, wie die grünen Gläser im Hintergrund der Darstellung, die noch komplett intakt sind (grüne Gläser in Abb. 35). Jedoch weisen alle Oberflächen feinere bis stärkere Kratzer auf. Besonders die Glasrückseiten sind durch tiefe Kratzer zerstört (Abb. 34).

Fast alle Glasoberflächen sind wenigstens im Anfangsstadium 1a oder bzw. und 1b geschädigt (gelbe Gläser über der Hand in Abb. 35). Dieses Schadbild tritt überwiegend auf den insgesamt besser erhaltenen Glasinnenseiten auf.



Abb. 33 London, V&A, Feld n II 1c von ~ 1380, Detail der Innenseite im Durchlicht, Malerei im Gesicht zum Teil verloren gegangen



Abb. 34 London, V&A, Feld n II 1c von ~ 1380, Detail der Innenseite im Durchlicht, Kratzer in der Malschicht

Stärker geschädigt (Korrosionsstadium 2a) sind alle inkarnatfarbenen Gläser und das gelbe Glas mit der Gewanddarstellung (Abb. 35). Abgeplatzte Glasoberflächen (Korrosionsstadium 3) treten nur vereinzelt auf (Hand und weißes Glas der Beine des bärtigen Mannes in Abb. 38). Weiße Korrosionsprodukte oder dickere Krusten sind auf den Glasinnenseiten nicht vorhanden.

Im Gegensatz dazu sind die Glasrückseiten stärker geschädigt. Es gibt keine unkorrodierten Gläser. Alle Oberflächen sind wenigstens punktförmig korrodiert. Dabei fällt auf, dass die Rückseiten wesentlich häufiger im Stadium 1b und 2b geschädigt sind, als die Innenseiten (Abb. 36 und Abb. 37). Die gelben punktförmigen Korrosionsprodukte unter der Glasoberfläche haben sich in mehreren Bereichen zu einer kompakten Fläche zusammengeschlossen. Dieses Schadbild gibt es auf der Innenseite kaum. Dickere Korrosionsbeläge haben sich auch auf den Glasaußenseiten nur in wenigen Bereichen, wie dem blauen Gewand der rechten Figur und dem violettfarbenen Untergewand sowie partiell im roten Glas in der links stehenden Figur bilden können (Abb. 39).

Bei fortschreitender Korrosion (Korrosionsstadium 4) ist die Glasoberfläche mit einer dünnen, zum Teil festaufliegenden weißen bis gelblichen Korrosionsschicht bedeckt (Abb. 39).



Abb. 35 London, V&A, Feld n II 1c von ~ 1380, Detail der Innenseite im Durchlicht, KO 1a und 2a: die intakte Glasoberfläche bricht punktuell auf und in den geöffneten Punkten sammeln sich Korrosionsprodukte.



Abb. 36 London, V&A, Feld n II 1c von ~ 1380, Detail der Außenseite im Auflicht, KO 1b: unter der geschlossenen Glasoberfläche bilden sich Punkte mit gelblich gefärbten Korrosionsprodukten.



Abb. 37 London, V&A, Feld n II 1c von ~ 1380, Detail der Außenseite im Auflicht, KO 2b: die gelben punktförmigen Korrosionsprodukte unter der Glasoberfläche haben sich in mehreren Bereichen zu einer kompakten Fläche zusammengeschlossen.



Abb. 38 London, V&A, Feld n II 1c von ~ 1380, Detail der Außenseite im Auflicht, KO 3: die obere Glasschicht ist zerstört und der originale Feuerschmelz ist verloren gegangen. Die freigelegten Oberflächen sind rau und es liegen vereinzelt Korrosionsprodukte in pudriger Konsistenz auf.



Abb. 39 London, V&A, Feld n II 1c von ~ 1380, Detail der Außenseite im Auflicht, KO 4: bei fortschreitender Korrosion ist die Glasoberfläche mit einer dünnen, z.T. festaufliegenden weißen bis gelblichen Korrosionsschicht bedeckt.

3. Recherche zur Geschichte und Untersuchung des Erhaltungszustandes zweier Glasmalereischeiben im Erfurter Dom – *Der Heilige Matthäus und Der Einzug Christi in Jerusalem*

Für den Vergleich der Schadbilder auf den in Museen aufbewahrten Scheiben und den in situ verbliebenen Feldern, wurde das mittelalterliche Feld n II 1b aus dem Passionsfenster und das Feld n IV 1c aus dem Apostelmartyrienfenster ausgesucht (Abb. 40 und Abb. 41). Beide Felder sitzen jeweils neben den im Bayerischen Nationalmuseum in München und im Victoria&Albert Museum in London aufbewahrten Scheiben. Die zwischen 1380 und 1420 entstandene Farbverglasung des Hohen Chores war wohl noch nicht abgeschlossen, als durch Brandschäden im Jahre 1416 bereits umfangreiche Erneuerungsarbeiten notwendig waren. Sie wurden vermutlich von der Glasmalereiwerkstatt ausgeführt, die auch die letzten mittelalterlichen Chorfenster schuf.²⁸

In den fast lückenlos erhaltenen Bauakten des Erfurter Domes ist belegt, dass man seit ihrer Herstellung um 1380 bis ins zweite Jahrzehnt des 17. Jahrhunderts hinein regelmäßig Gerüststellungen für den Ausbau und damit Pflege- und Reparaturarbeiten an den Glasmalereien durchgeführt hatte. Danach sind bis in 1830er Jahre nur noch Flickarbeiten an den Fenstern vorgenommen worden.

²⁸ Drachenberg, 1980, S. 205.



Abb. 40 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n II 1b von ~ 1380, Innenseite im Durchlicht, *Der Einzug Christi in Jerusalem*



Abb. 41 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n IV 1c von ~ 1380, Innenseite im Durchlicht, *Der Heilige Matthäus*

Erst in den Jahren 1829-31 wurde der Niederländer Stanislaus von Pereira mit einer größeren Restaurierung der Chorfenster beauftragt.

Im Zuge der Renovierung des Kirchengebäudes wurden zwischen 1856 – 1860 die Glasfenster im Hohen Chor umfassend restauriert. Es ist belegt, dass man die Oberflächen intensiv mit Bürste, Wasser und Seife reinigte. Man fügte Ergänzungen ein und verbleite Felder zum Teil komplett neu.²⁹ Während sich die Arbeiten in den 1830er Jahren eher auf Ausbesserungen und kaltgemalte Ergänzungen beschränkten, ist diese Restaurierungskampagne von intensiven Reinigungsmethoden an der mittelalterlichen Substanz geprägt.

Zwischen 1899-1901 restaurierte das Königliche Institut für Glasmalerei Berlin/Charlottenburg das Fenster n II. 1909 bis 1911 übernahm die Werkstatt Rudolf und Otto Linnemann aus Frankfurt am Main die Restaurierung des Fensters n IV. Die Ergänzungen früherer Restaurierungen wurden komplett entfernt und die Felder neu verbleit.³⁰ Wie intensiv die Reinigung der Oberflächen erfolgte, kann nicht sicher belegt werden. Zumindest bei den von Linnemann restaurierten Fenstern war man

²⁹ Bornschein, 1996, S. 52-59.

³⁰ Aufrisszeichnung von Fenster n II im Maßstab 1:20 von 1899, Dombauamt Erfurt. Die Zeichnungen sind im Zusammenhang mit Restaurierung durch das Königliche Glasmalereiiinstitut 1899-1900 entstanden. Durchgeführte Maßnahmen wurden eingetragen.

vermutlich aggressiver vorgegangen und hatte zu hell geratene Bereiche nachträglich mit Ölfarbe – Zaponlack – abdunkeln müssen.³¹

Das originale Bleinetz wurde komplett erneut. Das Königliche Institut für Glasmalerei verwendete für die Verbleiung von Feld n II 1b Bleiruten mit einer 6,5 – 7 mm breiten Wange und verzinnete die Bleie komplett. Die Firma Linnemann verbleite das Feld n IV 1c mit einem feineren, 6,0 mm breiten Blei und verzinnete nur die Eckpunkte des Bleinetzes. Für Sprünge in Gläsern fügte man ein 5 mm breites Blei ein.

1940 wurden die mittelalterlichen Felder unter der Leitung des Architekten Kellner durch die Firma Franz Weitzel aus Coburg ausgebaut und in der Krypta des Domes gelagert. Darüber hinaus behandelte Weitzel aber auch besonders prägnante Köpfe und übermalte Bereiche mit Kaltfarbe, nahm aber auch eingebrannte Übermalungen vor. Die Felder wurden senkrecht stehend in Kisten, vermutlich zwischen Seiden- oder Packpapier und an den Seiten durch Strohpackung geschützt, aufbewahrt.³²

1947 bis 49 führte der mit dem Wiedereinbau der Fenster beauftragte Glasermeister Breitenstein aus Erfurt zuvor die nötigsten Restaurierungsmaßnahmen am Bestand durch. Dazu zählte unter anderem auch die teilweise Abnahme der Zaponlackschichten bei den von Linnemann restaurierten Fenstern.

Zwischen 1979/80 und 1994 wurden die mittelalterlichen Glasmalereien durch die Erfurter Domwerkstätten und Mitarbeiter der VEB Denkmalpflege Erfurt in der Glaswerkstatt des Erfurter Domes restauriert.³³ Mit dem Wiedereinbau der Glasmalereien erfolgte auch der Einbau einer innenbelüfteten Außenschutzverglasung. Im Abstand von ca. 5,0 - 7,0 cm sind die Originale vor einer Rechteckverglasung (9-teilig pro Feld) gesetzt. Seitlich sind die Einzelfelder zum Stabwerk hin mit Bleilaschen versehen.

3.1. Korrosive Schäden an den Gläsern der Scheiben n II 1b und n IV 1c im Erfurter Dom – *Der Heilige Matthäus* und *Der Einzug Christi in Jerusalem*

Die mittelalterlichen Domfenster weisen zu großen Teilen erhebliche Korrosionsschäden an Gläsern und Malschichten auf. Bei den untersuchten Glasmalereischeiben aus den Nordfenstern n IV und n II zeigen die Innenseiten nur vereinzelt noch intakte bzw. kaum angegriffene Glasoberflächen. Überwiegend sind die Gläser durch punktförmigen Lochfraß geschädigt und es hat sich eine flächige Korrosionsschicht ausgebildet.

Vollkommen intakte mittelalterliche Glasscheiben gibt es nur im Feld n II 1b. Die für die Darstellung des Esels verwendeten hellblauen Farbgläser zeigen weder vorder- noch rückseitig Korrosionserscheinungen (Abb. 49 und Abb. 50). Unkorrodierte Bereiche der Glasoberflächen sind weiterhin stellenweise in den Gesichtern beider Scheiben zu finden (Abb. 47 und Abb. 49). Alle

³¹ Bornschein, 1996, S. 59-83.

³² Bornschein, 1996, S. 83-86.

³³ Bornschein, 1996, S. 86-92: Ausführliche Darlegung der Restaurierungsmethoden und der verwendeten Materialien.

anderen Gläser sind vorderseitig wenigstens im Anfangsstadium geschädigt. Bei den Gläsern bricht die Oberfläche punktuell auf und in den geöffneten Punkten sammeln sich Korrosionsprodukte. Bei den meisten Glasinnenseiten hat sich die punktförmige Korrosion zur Fläche mit dünn aufliegenden Korrosionsprodukten verdichtet (blaues Glas für Nimbus und Schriftband in Feld n IV 1c und rotes Glas im Hintergrund, Perlstab, blaues Glas für Schriftzug in Feld n II 1b). Hier zeigt sich ein wesentlicher Unterschied zu den in den Museen aufbewahrten Scheiben: Es gibt bei den Scheiben im Erfurter Dom nicht die Korrosionsstadien 1b und 2b – bei denen sich unter einer augenscheinlich geschlossenen Glasoberfläche punktförmig bis flächig die Korrosion ausgebreitet hat. Bei den Erfurter Scheiben ist die Korrosion weiter fortgeschritten und die Glasoberflächen sind bereits aufgebrochen.³⁴



Abb. 42 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n IV 1c von ~ 1380, Innenseite im Auflicht



Abb. 43 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n IV 1c von ~ 1380, Außenseite im Auflicht

³⁴ Herzlichen Dank an Herrn Bornschein, Herrn Jähn und Herrn Glaß von der Glaswerkstatt am Erfurter Dom für die freundliche Unterstützung bei der Untersuchung der Scheiben.



Abb. 44 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n II 1b von ~ 1380, Innenseite im Auflicht



Abb. 45 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n II 1b von ~ 1380, Außenseite im Auflicht



Abb. 46 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n II 1b von ~ 1380, Detail der Rückseite im Auflicht, KO 2a: die punktförmige Korrosion verdichtet sich und geht in eine flächige Korrosionsschicht über.



Abb. 47 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n IV 1c von ~ 1380, geviertelte Aufnahme der Innenseite im Auflicht



Abb. 48 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n IV 1c von ~ 1380, geviertelte Aufnahme der Rückseite im Auflicht



Abb. 49 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n II 1b von ~ 1380, geviertelte Aufnahme der Innenseite im Auflicht



Abb. 50 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n II 1b von ~ 1380, geviertelte Aufnahme der Außenseite im Auflicht

Die Rückseiten der mittelalterlichen Gläser sind fast vollständig mit einer harten und dicken Korrosionskruste bedeckt, welche die Transparenz der Gläser stark vermindert und zu wahrnehmbaren Farbveränderungen geführt hat (Abb. 40 - Abb. 50). Ausschließlich die grünen Gläser im Hintergrund des Feldes n II 1b und Bereiche im violettfarbenen Gewand in Feld n IV 1c sind rückseitig weniger stark korrodiert (Abb. 46).

Zu den vorhandenen Schadbildern an den Scheiben in München und London kommt an den Glasmalereien im Erfurter Dom noch eine weitere Kategorie hinzu:

Korrosionsstadium 5:

Durch das Fortschreiten des Korrosionsprozesses haben sich auf den rückseitigen Glasoberflächen der Erfurter Scheiben dichte, mehrere Millimeter starke Korrosionsschichten flächig ausgebreitet. Diese Krusten liegen fest auf und sind inhomogen. Stellenweise sind die dicken Krusten abgeplatzt (Abb. 51 und Abb. 52). In diesen Bereichen ist die Glasoberfläche rau (Korrosionsstadium 3) oder es liegen dünn Korrosionsprodukte auf (Korrosionsstadium 4).



Abb. 51 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n II 1b von ~ 1380, Detail der Außenseite im Auflicht, KO 3, 4 und 5

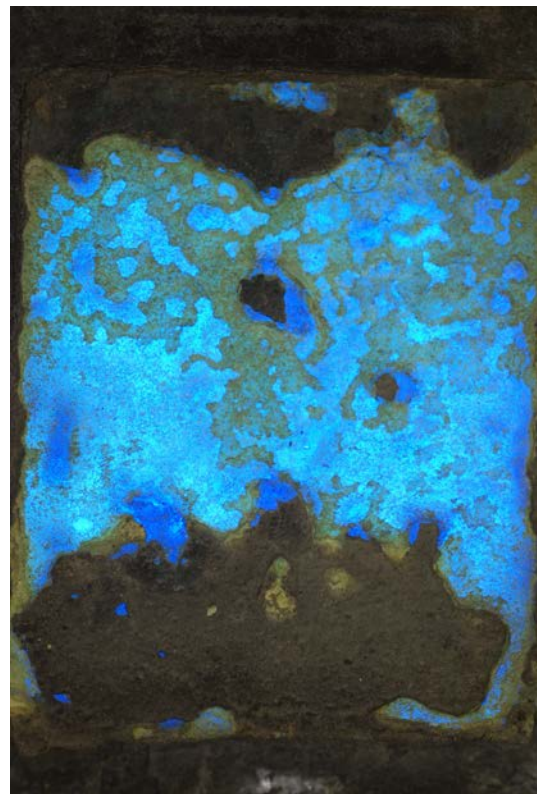


Abb. 52 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n II 1b von ~ 1380, Detail der Außenseite im Durchlicht, KO 3, 4 und 5

Zusätzlich ist die Korrosionskruste stark verschmutzt und grünlich bis bräunlich gefärbt. Dabei gibt es zwischen den beiden Feldern Unterschiede im Erscheinungsbild der Kruste:

In Feld n IV 1c ist die Korrosionskruste überwiegend gleichmäßig und flächig bräunlich bis graphitfarben (Abb. 48). Dabei könnte es sich um eine flächig aufgetragene Schicht Zaponlack handeln, die Linnemann 1909-11 auch auf der Feldinnenseite zur Sicherung der Schwarzlotbemalung und Abtönung der korrodierten Oberflächen aufgetragen hat (Abb. 55 und Abb. 56).

Auf der Rückseite von Feld n II 1b ist die Kruste wesentlich inhomogener ausgebildet (Abb. 50). Die Korrosionskruste ist überwiegend grau gefärbt. Nur vereinzelt sind dunklere graphitfarbene Inseln in der Kruste vorhanden und besonders die roten Gläser im unteren Schriftband von einer dunklen Kruste bedeckt (Abb. 50 bis Abb. 52).

Hinzu kommen bei der Scheibe n II 1b grünliche Verfärbungen der Kruste im unteren Feldbereich, vermutlich durch Kupfersulfate (Abb. 50). Davon ist das Feld n IV 1c kaum betroffen.

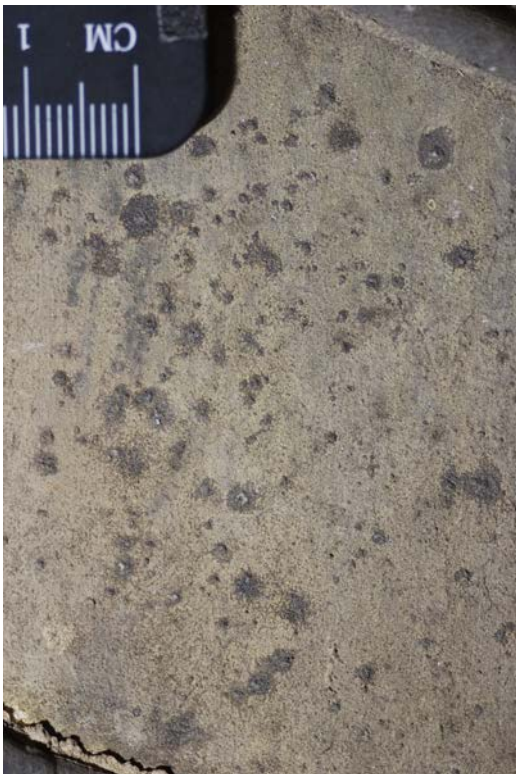


Abb. 53 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n II 1b von ~ 1380, Detail der Außenseite im Auflicht, KO 4-5, graue Kruste mit graphitfarbenen Inseln

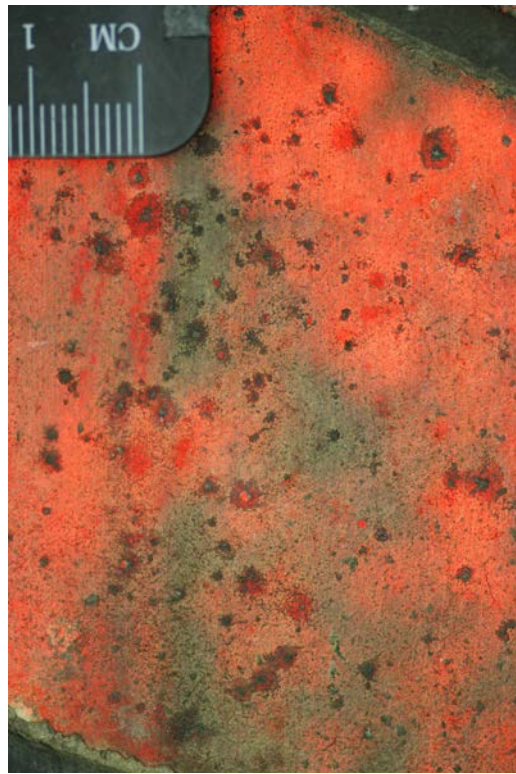


Abb. 54 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n II 1b von ~ 1380, Detail der Außenseite im Durchlicht, KO 4-5



Abb. 55 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n IV 1c von ~ 1380, Detail der Außenseite im Auflicht, KO 4-5, Kruste überwiegend bräunlich bis graphitfarben



Abb. 56 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n IV 1c von ~ 1380, Detail der Außenseite im Durchlicht, KO 4-5

3.2. Recherche zu historischem Bildmaterial und Schadensverlauf

Die historischen Fotoaufnahmen dokumentieren, dass sich die Schwarzlotbemalung noch um 1900 in einem guten Zustand befand (Abb. 57 und Abb. 62). In der Scheibe n IV 1c wurden durch den Auftrag der spannungsreichen Zaponlackschicht unter Linnemann 1909-11 große Partien der Bemalung in den folgenden Jahren stark geschädigt (Abb. 58). Der Verlust der Schwarzlotbemalung ist nach der kriegsbedingten, fast neunjährigen Auslagerung wesentlich fortgeschritten. Neben den ungünstigen Lagerungsbedingungen in den feuchten Räumen unter der Krypta, hat auch der restauratorische Eingriff zur Abnahme des Zaponlackes 1947-49 zum Verlust weiterer großflächiger Malereipartien beigetragen (Abb. 60).

Der Heilige Matthäus



Abb. 57 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n IV 1c, Innenseite im Durchlicht, Foto von ~1900



Abb. 58 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n IV 1c, Innenseite im Durchlicht, Foto von 1932



Abb. 59 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n IV 1c, Innenseite im Durchlicht, Foto von 1940



Abb. 60 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n IV 1c, Innenseite im Durchlicht, Foto um 1959-60



Abb. 61 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n IV 1c, Innenseite im Durchlicht, Foto von 2008

Der Einzug Christi in Jerusalem



Abb. 62 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n II 1b, Innenseite im Durchlicht, Foto von ~1900



Abb. 63 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n II 1b, Innenseite im Durchlicht, Foto von 1932



Abb. 64 Erfurt, Dom St. Marien, Feld n II 1b, Innenseite im Durchlicht, Foto von 1959/60

Auch bei Feld n II 1b ist mit der Fotoaufnahme von 1932 dokumentiert, dass eine verstärkte Korrosion der Gläser im Gewand, Gesicht und Schriftband sowie Verluste in der Malerei eingetreten ist.

4. Recherche zu weiteren Glasmalereien aus dem Erfurter Dom

Die Scheiben aus dem Erfurter Dom und die Scheiben im Victoria&Albert Museum in London sowie im Bayerischen Nationalmuseum in München erlauben uns, aufgrund ihrer belegbaren Zuweisung zum Bestand des Domes und aufgrund der Untersuchungsmöglichkeiten in den jeweiligen Museen, Rückschlüsse auf Schadensabläufe und deren Ursachen zu ziehen. An dieser Stelle des Berichtes soll auch auf weitere, im Rahmen des Projektes recherchierte Glasmalereien eingegangen werden, die man ebenfalls im 19. Jahrhundert aus dem Erfurter Dom ausgebaut hatte. Deren genauere Begutachtung war in der Projektlaufzeit aufgrund verschiedener Umstände nicht möglich oder hätte keine wesentlichen Erkenntnisse für die Erforschung der Schäden erbracht.

Neben den in Museen aufbewahrten Glasmalereien, befinden sich möglicherweise noch weitere Scheiben aus dem Erfurter Dom in Privatbesitz. So geht aus dem Schriftverkehr mit Linnemann hervor, dass er mittelalterliche Glasmalereifelder für seine Entwürfe für die fehlenden Sockelfelder in den Fenstern n V und n VIII als Vorlage benutzt hatte. So hätten die in „...Privatbesitz befindlichen Reste jener damals abhanden gekommenen Stücke genaue Betrachtung gefunden...“³⁵. Da es jedoch in den bisher bekannten Unterlagen keine weiteren Erläuterungen dazu gibt, müssen die Felder als verschollen gelten.

³⁵ Drachenberg, 1989, Seite 63-77. Des Weiteren vermutet Herr Drachenberg, dass Scheiben auf der Wartburg in Eisenach und Teile einer Scheibe in der Kapelle Burg Bodenstein/Eichsfeld mit einer sitzenden Heiligen Katharina ehemals zum Bestand des Erfurter Domes gehörten.

4.1. Die Glasmalereien im Hessischen Landesmuseum in Darmstadt

Das Hessische Landesmuseum zählt zu den bedeutendsten und ältesten öffentlichen Museen Deutschlands. Die Anfänge des Museums begründet Großherzog Ludwig Anfang des 19. Jahrhunderts. Die Glasmalereibestände stammen aus dem deutschsprachigen Raum vom Ende des 9. Jahrhunderts bis in die heutige Zeit und wurden sowohl aus dem Kunsthandel erworben, als auch aus altem Besitz übernommen.³⁶

Im Hessischen Landesmuseum werden seit 1943 vier Einzelscheiben in Form von Kleeblattbögen aus dem Erfurter Dom (Abb. 65 – Abb. 68) aufbewahrt. Die Scheiben werden um 1400 datiert und gehörten wahrscheinlich in die oberen Abschlüsse der Lanzetten der beiden südwestlichen Chorfenster s VII und s VIII.³⁷ Leider ist das Museumsarchiv bis auf wenige Reste im September 1944 zerstört worden. Der Zerstörung fielen auch die alten Inventare zum Opfer, welche die Erwerbungen bis 1930 enthielten. Die Glasmalereien hatte man während des 2. Weltkrieges in Schlössern auf dem Lande ausgelagert. Nach dem Krieg erfolgte der Rücktransport der Glasmalereien, der mit dem Wiederaufbau und der Eröffnung des Museums 1955 abgeschlossen wurde.³⁸

Den wenigen erhaltenen Unterlagen zufolge waren die Erfurter Glasmalereifelder 1943 zunächst eine Leihgabe aus dem Nachlass von Prof. Linnemann aus Frankfurt am Main und wurden schließlich 1958/59 vom Hessischen Landesmuseum erworben.³⁹ Auf Karteikarten des Museums ist dazu vermerkt, dass man insgesamt 8 Scheiben für 1000 DM im Jahr 1958 von Prof. Linnemann gekauft hatte.⁴⁰ Die Sammlung wurde von Alexander Linnemann begründet, der als Architekt und Glasmaler Ende des 19. Jahrhunderts in vielen Kirchen tätig war und dabei einige Scheiben erwerben konnte. So hatte die Firma Linnemann zwischen 1909-11 vier Fenster im Erfurter Dom restauriert und wahrscheinlich im Zuge dieser Arbeiten die vier Einzelscheiben erwerben bzw. zurückbehalten können. Möglicherweise wurden die Scheiben aufgrund einer Umordnung des Bestandes überflüssig oder zugunsten von Neuanfertigungen ausgesondert. Alexanders Söhne Otto und Rudolf führten die Sammlung weiter, die schließlich 1930 bei Hugo Helbing in Frankfurt am Main zur Versteigerung kam.⁴¹ Weil 1930 einige der Glasmalereien wieder zurück gingen, hatte das Landesmuseum zuletzt 1958/59 die Gelegenheit, Stücke zu erwerben.⁴²

Im Rahmen der Projektlaufzeit befand sich das Hessische Landesmuseum in der Umbauphase und sämtliche Glasmalereifelder waren ausgelagert. So konnten die Erfurter Scheiben leider nicht begutachtet werden. Es erfolgte jedoch die Auswertung der Unterlagen und Berichte im Erfurter Domarchiv und im Landesmuseum.

³⁶ Beeh, 1973, S. 3-12.

³⁷ Drachenberg, 1980, S. 50.

³⁸ Publikation anlässlich Ausstellung Fundstücke, 2006, S. 52. Der wichtigste Ort für die kriegsbedingte Auslagerung war das Schloss Rauhenzell im Allgäu.

³⁹ Beeh, 1973, S. 6 und S. 106-107.

⁴⁰ Karteikarte mit kurzen handschriftlichen Anmerkungen zu dem jeweiligen Feld (Maße, Herkunft, Beschreibung und Ergänzungen, Schäden sowie einem SW-Foto der Innenseite im Durchlicht).

Auf der Karteikarte sind sieben Scheiben vermerkt. Neben den Scheiben aus dem Erfurter Dom hatte man auch Scheiben aus der Dominikanerkirche in Erfurt erworben.

⁴¹ Helbing, 1930, Nr. 362.

⁴² Beeh, 1973, S. 6.

Bei dem im Landesmuseum vorliegenden Bestand handelt es sich um insgesamt vier dreipassförmige Scheiben. Die beiden Felder in Abb. 65 und Abb. 66 besitzen ein Einzelmaß von ca. 36,5 x 43,0 cm und 36,5 x 39,0 cm (Höhe x Breite). Die Felder in Abb. 67 und Abb. 68 sind 41,5 x 50,5 cm und 51,5 x 42,5 cm groß. Vermutlich befanden sich die beiden Scheiben mit Sonne und Mond (Abb. 65 und Abb. 66) in den Feldern 14a und b des Fensters s VIII und die beiden Scheiben mit Architekturbogen und Stern von Bethlehem (Abb. 67 und Abb. 68) in den Feldern 14b und c des Fensters s VII.⁴³



Abb. 65 Darmstadt, Hessisches Landesmuseum, dreipassförmiges Kopfstück mit Sonne, Innenseite im Auflicht, um 1400



Abb. 66 Darmstadt, Hessisches Landesmuseum, dreipassförmiges Kopfstück mit Mond, Innenseite im Auflicht, um 1400



Abb. 67 Darmstadt, Hessisches Landesmuseum, dreipassförmiges Kopfstück mit Stern zu Bethlehem, Innenseite im Auflicht, um 1400

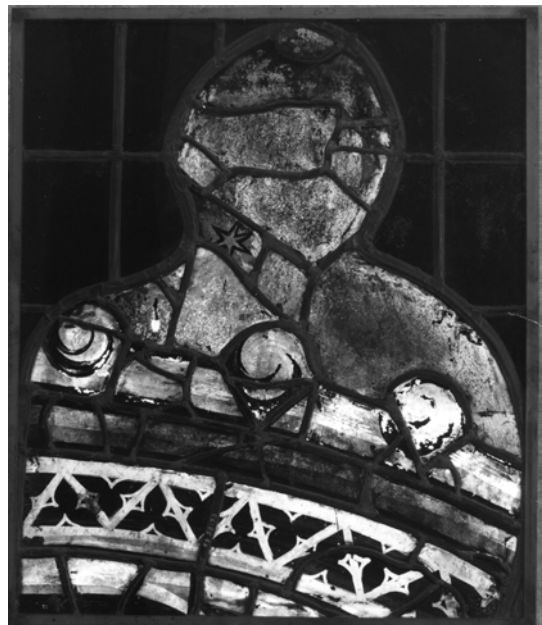


Abb. 68 Darmstadt, Hessisches Landesmuseum, dreipassförmiges Kopfstück mit Bogensegment, Innenseite im Auflicht, um 1400

⁴³ Drachenberg, 1989, S. 65.

Den Recherchen zu Folge wurden im Landesmuseum keine Bearbeitungen an den Feldern durchgeführt. Die in den Scheiben vorhandenen Ergänzungen und Sprungbleie dürften demnach von vor 1943 stammen.⁴⁴

Es wurden bisher weder im Depot noch im Ausstellungsbereich Aufzeichnungen zu Aufbewahrung, Lagerungsbedingungen oder Klimawerten geführt.

4.2. Das Architekturfeld im Brooklyn-Museum in New York

Das Brooklyn-Museum in New York ist im Besitz einer Architekturscheibe, die sich ehemals in Position 3b des Jakobfensters im Erfurter Dom befand.⁴⁵ Datiert wird das Architekturfeld um 1380. Heute sitzt an dessen Stelle eine Ergänzung von 1899-1900 vom Königlichen Glasmalereiinstitut Berlin/Charlottenburg. Dabei handelt es sich um eine genaue Kopie des originalen mittelalterlichen Feldes. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass das Berliner Institut die originale Scheibe genau kannte und für die Rekonstruktion vor sich hatte.

Die mittelalterliche Scheibe ist ebenso wie die Felder im V&A in London und im Bayerischen Nationalmuseum in München über den Kunsthändler Grosvenor Thomas verkauft worden. Thomas hatte Büros in New York und London betrieben.⁴⁶

1913 erwarb das Brooklyn-Museum die Scheibe als Geschenk der New Yorker Familie Georg D. Pratt, 245 Clinton Avenue, Brooklyn. Die Familie Pratt war eine sozial engagierte Familie dieser Zeit und hatte bereits mehrere Geschenke an das Brooklyn Museum gemacht.⁴⁷

Das Museum bewahrte das Feld bisher in verschiedenen Depots auf. Die dort herrschenden klimatischen Bedingungen sind nicht bekannt.⁴⁸ Im Rahmen der Projektlaufzeit hat Frau Dr. Hannelore Roemich von der New York University die Untersuchung des Feldes übernommen.⁴⁹ Deren Erkenntnisse liegen in ausführlicher Form dem Dombauamt vor.

4.3. Die Glasmalereien im Angermuseum zu Erfurt

Zu den Scheiben, die aus dem Erfurter Dom in Museen abgewandert sind, zählen auch acht Einzelfelder im Angermuseum in Erfurt.

Einen Teil dieser Glasmalereien hat das Angermuseum aus dem Besitz des Königlichen Instituts für Glasmalerei in Berlin/Charlottenburg erworben. Da die schriftlichen Akten nicht mehr vorhanden sind, lässt sich auch in diesen Fällen nur vermuten, warum man die Glasmalereien bei den Restaurierungsarbeiten zwischen 1898-1901 aus dem Bestand entnommen

⁴⁴ Gottfried Frenzel übernahm ab 1963 mit seiner Werkstatt die Restaurierung des Bestandes im Landesmuseum, jedoch sind die Erfurter Scheiben dabei nicht restauriert worden.

⁴⁵ Drachenberg, 1989, S. 67-68.

⁴⁶ Prof. M. Lillich, College of Arts and Sciences, Syracuse University, New York, Schreiben vom 24.07.1992 an das Dombauamt Erfurt.

⁴⁷ Dr. Barry R. Horwood, Associate Curator, Brooklyn Museum, Schreiben vom 26.05.1992 an das Dombauamt Erfurt.

⁴⁸ Frdl. Auskunft von Lisa Bruno, Head Objects Conservator, Brooklyn-Museum N.Y.

⁴⁹ Frdl. Mitteilung von Frau Dr. H. Roemich, Institute of Fine Arts, New York University.

hatte. Möglicherweise waren die Felder nach der Restaurierung des Bestandes „...aufgrund ihrer Form, ihrer Farbe oder ihres Themas nirgendwo einzupassen...“ gewesen und deshalb zurückbehalten worden.⁵⁰

Vom Königlichen Institut ging 1911 ein Teil der Scheiben an das Königliche Kunstgewerbemuseum zu Berlin, wo sie als Anschauungsmaterial in der Lehrwerkstätte des Museums dienten. Einige Scheiben wurden 1912 vom Angermuseum erworben.⁵¹ Andere werden spätestens seit 1945 im Inventar des Museums geführt.

Über frühere Restaurierungen, klimatische Verhältnisse und Aufbewahrungsbedingungen ist kaum etwas bekannt. Die Verbleiung der Felder ist nicht mehr mittelalterlich und dürfte überwiegend aus dem 19. Jahrhundert stammen. Auch wurden verschiedene Ergänzungen eingefügt.⁵²

Die Scheiben wurden in der Mittelalterausstellung präsentiert, die seit 1907 im Angermuseum existiert.⁵³ Seit mindestens 1983 bis zum Oktober 2005 waren die Scheiben im Torbogen, im Erdgeschoss der Mittelalterausstellung, ausgestellt. Danach erfolgte bis Mitte 2010 die Lagerung der Scheiben im Museumsdepot. Es ist geplant, dass die Scheiben nach dem Umbau des Museums in neuen Räumlichkeiten präsentiert werden.

Nach der Begutachtung der Scheiben wurde entschieden, die Glasmalereien des Angermuseums nicht in die vergleichende Untersuchung der Schäden mit einzubeziehen. Deren Zugehörigkeit zum Bestand des Erfurter Domes und der genaue Standort der Einzelfelder in den Fenstern kann nicht eindeutig belegt werden.⁵⁴

4.4. Die Maßwerkscheiben im Erfurter Dom

Des Weiteren wurden acht Glasmalereifelder in die Betrachtung mit aufgenommen, die zur Zeit in der Glaswerkstatt des Erfurter Domes lagern. Die Rechteckfelder wurden Ende der 1980er Jahre aus insgesamt 14 mittelalterlichen Maßwerkfragmenten und 20 ehemals losen Splittern zusammengestellt, die man 1986 auf dem Boden des Kapitelgebäudes entdeckt hatte. Der Glasbestand ist vermutlich Teil der ehemaligen Maßwerkverglasung in den Fenstern s VII und s VIII des Erfurter Domes gewesen.⁵⁵ Die Verglasung war 1960 ausgebaut und durch ein neues Fenster von Charles Crodel ersetzt worden.

⁵⁰ Drachenberg, 1976, Seite 250-260.

⁵¹ Frdl. Auskunft von Herrn K. Horn, Angermuseum Erfurt.

⁵² Unter anderem von Hajna in 1940er Jahren und von den Kirchlichen Werkstätten in 1960er Jahren.

⁵³ Das Museum selbst wurde schon 1886 gegründet.

⁵⁴ Datierung und örtliche Zuweisung stützen sich auf die Erkenntnisse von Herrn Dr. Drachenberg, der die Felder zum Teil in situ begutachtet und stilistisch zugewiesen hat. Drachenberg, 1989, S. 63-64.

⁵⁵ Drachenberg, 1989, S. 71-74. Ausführliche Beschreibung und örtliche Zuweisung.

5. Vergleichende Betrachtung zum Einfluss der unterschiedlichen Aufbewahrungs- und Klimabedingungen auf den Erhaltungszustand der Glasmalereien

5.1. Untersuchung der klimatischen Verhältnisse

Eine wesentliche Grundlage für die Bewertung des Erhaltungszustandes der Scheiben stellen die klimatischen Umgebungsbedingungen, denen sie in den zurückliegenden Jahrzehnten ausgesetzt waren, dar.

Das Vorhandensein von Wasser auf den Glasoberflächen ist wesentlich für den Korrosionsfortschritt. Die dabei an der Oberfläche absorbierte Wassermenge steht im unmittelbaren Zusammenhang mit der relativen Luftfeuchtigkeit der Umgebung. Sobald sich eine Wasserhaut auf der Oberfläche bildet, lösen sich in der Schicht Ionen, die aus der oberen Glasschicht herausgelöst werden oder aus der Luft stammen. Die Beweglichkeit der Ionen in dieser Wasserschicht ist für den Fortschritt der Korrosion entscheidend. Deren Beweglichkeit erhöht sich mit der Schichtdicke der Wasserhaut. Bei einer Schichtdicke von 10 Moleküllagen ist eine ausreichende Ionenbeweglichkeit vorhanden. Aus Modellversuchen ist bekannt, dass die Schichtdicke der Wasserhaut bei 50-85% relativer Luftfeuchtigkeit auf 10 Moleküllagen anwächst. Vermutet wird, dass auf korrodierten Glasoberflächen diese Schichtdicke schon bei geringeren Luftfeuchtigkeiten erreicht werden.

Um den Einfluss des Klimas genauer definieren zu können, wurden an zwei Glasmalereifeldern der Fenster n II und n IV im Erfurter Dom Klimamessungen über einen Zeitraum von 1,5 Jahren durchgeführt. Für die Installation der Messtechnik wurde von der Glaswerkstatt des Erfurter Domes eine Ersatzscheibe – eine Ganzglasscheibe mit aufgeklebter Farbfolie mit einer Fotoaufnahme des jeweiligen Feldes – in situ eingesetzt und die Messfühler daran befestigt. An diesen beiden Nahfeldsituationen wurden die Oberflächentemperaturen an der Innen- und Außenseite des Feldes sowie an der Innenseite der Außenschutzverglasung gemessen. Des Weiteren wurden die relative Luftfeuchtigkeit, die Lufttemperatur und die Strömungsgeschwindigkeit im Spalt sowie das Außen- und Innenklima gemessen.⁵⁶

Im Rahmen des Projektes konnte im Victoria&Albert Museum in London keine eigene Messung zum Klima durchgeführt werden. Das Museum hatte eine dreijährige Messung mit Datenloggern im Ausstellungsraum der mittelalterlichen Scheibe durchgeführt. Da das Messgerät jedoch nicht im unmittelbaren Bereich der untersuchten mittelalterlichen Scheibe aus dem Erfurter Dom positioniert war, sind die Daten nicht repräsentativ für die reale klimatische Situation der Scheibe in der Schauwand.

Im Bayerischen Nationalmuseum in München wurden wiederum eigene Messungen über die Dauer von einem Jahr durchgeführt. Dafür wurden direkt an der Oberfläche des Glasmalereifeldes Messfühler montiert, die die Luftfeuchtigkeit und Temperatur aufzeichneten.⁵⁷

⁵⁶ Dazu S. 124 – 141 in dieser Broschüre.

⁵⁷ Dazu S. 124 – 141 in dieser Broschüre.

Die in situ eingebauten Scheiben im Erfurter Dom sind ganzjährig sehr hohen Feuchtigkeitswerten ausgesetzt. Insbesondere in den kalten Jahreszeiten beträgt die relative Luftfeuchtigkeit im Nahfeld der beiden Scheiben fast ständig mehr als 80%, in einigen Zeiträumen sogar mehr als 90%. Dabei fällt auf, dass die relative Luftfeuchtigkeit im Innenraum der Kirche fast immer über der im Spalt und über der des Außenklimas liegt. In diesem feuchten Milieu findet eine erhöhte Wasseraufnahme der Korrosionsschichten in Form von Wasserdampfsorption statt und besteht die Gefahr von Schimmelwachstum. Die für den Fortschritt der Korrosion notwendige Wassermenge ist demnach fast immer auf den Glasoberflächen vorhanden. Als kritisch für die Beschleunigung der Schadensabläufe an beiden Scheiben sind auch die häufigen Frost-Tau-Wechsel und die niedrigen Temperaturen im Frostbereich zu bewerten.

Im Vergleich der klimatischen Situation zwischen den Feldern n II 1b und n IV 1c gibt es Unterschiede in der Oberflächentemperatur, bedingt durch den Einfluss der direkten Sonnenstrahlung in den Morgenstunden an Fenster n II. Dort werden um bis zu 10 Kelvin höhere Temperaturen als an Feld n IV 1c erreicht. Zusätzlich erhöhen sich die Oberflächentemperaturen in sehr kurzen Zeitabständen, was sicherlich zu thermischen Spannungen in der Malschicht und im Glas führt.

Der Vergleich mit den klimatischen Bedingungen in London und München zeigt, dass sich hier die Feuchtwerte ganzjährig auf einem wesentlich niedrigeren Niveau befinden. Die Luftfeuchtigkeit im Bayerischen Nationalmuseum München und im V&A in London liegt im Mittelwert bei 35-40 %. Dabei fallen die Temperatur- und Feuchteschwankungen im BNM wesentlich geringer aus als im V&A. Im V&A ist mit einem hohen Besucherandrang am Tage zu rechnen, wodurch das Klima im Raum wesentlich bestimmt wird und damit Einfluss auf die freistehende Schauwand und die Glasmalereien nimmt. Zusätzlich dürften die Schwankungen der Temperatur und Luftfeuchtigkeit durch die nach Westen ausgerichtete Fensteröffnung hinter der Schauwand verstärkt werden.

Die Erfurter Glasmalereien waren über Jahrhunderte hinweg bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts kaum korrodiert und haben sich in einem guten Zustand befunden. Das zeigen die gut erhaltenen, nur im Anfangsstadium korrodierten Scheiben im Bayerischen Nationalmuseum in München und im Victoria&Albert Museum in London. Die Recherchen lassen die Vermutung zu, dass die Felder bereits in den Jahren 1829-31 durch Stanislaus von Pereira ausgebaut und später von den Museen in London und München aufgekauft worden sind. Demnach ist es erst nach 1831 innerhalb weniger Jahrzehnte bedingt durch die hohe Feuchtebelastung und einhergehend mit hohen Luftschadstoffkonzentrationen am Erfurter Dom zur verstärkten Korrosion der Glasmalereien gekommen. Neben der Zustandsuntersuchung an den Glasmalereien, wird dies durch die frühesten Fotoaufnahmen der Fensteraußenseiten von 1887 belegt. Auf den Aufnahmen sind bereits dicke Korrosionsschichten erkennbar.⁵⁸

⁵⁸ Frdl. Auskunft Herr Bornschein: Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege Messbildarchiv, Wünsdorf.

5.2. Messungen zur Schadstoffbelastung am Erfurter Dom

Scheinbar konnte das Klima über Jahrhunderte hinweg – seit der Entstehung der Glasmalereien um 1370 bis ca. 1830 – die Glasmalereien im Erfurter Dom nicht wesentlich schädigen. Erst im Zusammenhang mit der steigenden Schadstoffbelastung kommt es zur schnell fortschreitenden Korrosion der Scheiben.

Hohe Luftfeuchtigkeiten sind Voraussetzung für die Wirksamkeit aggressiver Luftverunreinigungen. Kondensiert das Wasser auf den Glasoberflächen, so werden aus dem Glas Alkaliionen gelöst. Die Wasserkonzentration wird dadurch alkalisch und die gebildeten Hydroxylionen reagieren mit dem Glasnetzwerk und führen zu dessen Zerfall. Steigt die Konzentration von OH-Ionen durch wiederholte Schwitzwasserbildung an, wird der Korrosionsprozess weiter beschleunigt.

Die Schadstoffe aus der Luft üben einen wesentlichen Einfluss auf die Korrosion des Glases aus. Saure Verbindungen aus der Luft zerstören das Glas. Der auf der Glasoberfläche aufliegende Wasserfilm enthält Protonen (H^+) und Hydronium-Ionen (H_3O^+) sowie Anionen. Es findet ein Ionenaustausch zwischen den Protonen und den Alkaliionen im Glas statt. Dadurch wird die Glasstruktur verändert, so dass es am Ende zerfällt. Je mehr Protonen enthalten sind, desto schneller geht der Prozess voran. Protonen sind in fast allen luftverunreinigenden Stoffen enthalten.

Da die Schwefeldioxidkonzentration in der Luft um 1850 hoch war, lässt sich heute nur vermuten. Schwefeldioxid entsteht unter anderem bei der Verbrennung von schwefelhaltigen fossilen Brennstoffen wie Kohle und Erdölprodukten. Der Dom steht erhaben auf dem Domberg und ist umgeben von Häusern mit Hausbrand. Mit der Industrialisierung im 19. Jahrhundert beschleunigte sich das Bevölkerungswachstum in Erfurt rasant. Während um 1817 zunächst 14.846 Menschen in der Stadt wohnten, waren es 1867 schon 41.760 Einwohner. Bereits 1906 überschritt die Einwohnerzahl die Grenze von 100.000.⁵⁹

Erste fundierte Messungen zu den Immissionsraten von Schwefeldioxid und Chlorwasserstoff wurden 1973-74 am Erfurter Dom gemacht.⁶⁰ Mittels einer exponierten Messstelle auf dem Dom wurde die Aufnahme von Schwefeldioxid bestimmt.

Die Schwefeldioxidrate lag im Mittelwert bei $204,6 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$. Im Vergleich dazu lagen die gemessenen Werte am Kölner Dom bei $142,2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$.

Die sehr hohen Schwefeldioxid-Immissionsraten gehen auf die zentrale Lage des Dombergs mit Hausbrand, Straßen- und Flugverkehr zurück.

Die Werte für Chlorwasserstoff lagen im Mittel bei $54,7 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$. Die Werte am Kölner Dom betragen hingegen nur $18 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$. Als Grund für die sehr hohen Chloridwerte wird eine in westlicher Richtung des Erfurter Domes gelegene Galvanik mit Beizerei vermutet.

Des Weiteren wurden beide Stoffe in den rückseitigen Korrosionsbelägen der Glasmalereien chemisch nachgewiesen. Dabei wurden in den Korrosionsbelägen Sulfatanteile von 40,2 – 60,5 % und Chloridanteile von 5,5 bis 8,1 % gemessen.

⁵⁹ http://de.wikipedia.org/wiki/Einwohnerentwicklung_von_Erfurt.

⁶⁰ Kirsch, 1976, S. 7-9.

Von September bis November 1990 wurde durch die Universität Hamburg eine achtwöchige integrale Messkampagne mit einem Luftmesswagen durchgeführt. Mit dem Immissionsmessfahrzeug wurden unter anderem die gasförmigen Schadstoffe Schwefeldioxid und Stickstoffdioxid ermittelt. Die Immissionskonzentration von Schwefeldioxid lag im Mittel bei 129,9 ug/ m³. Der Mittelwert von Stickstoffdioxid lag bei 64,8 ug/ m³.

Diese Werte wurden im Vergleich mit anderen Objekten in Westdeutschland als sehr hoch eingestuft. Sie waren vergleichbar mit den in Duisburg gemessenen Werten, die durch industrielle Emission direkt beeinflusst werden. Als Hauptverursachen der Schadstoffe am Erfurter Dom wird neben dem Hausbrand auch der KfZ-Verkehr angesehen.

Mit dem Einbau einer Außenschutzverglasung vor die Glasmalereien dürfte sich auch der Einfluss der Schadstoffe wesentlich verringert haben. Das belegen auch die im Rahmen der Projektlaufzeit durchgeführten Messungen mit Passivsammlern. Im Januar 2010 wurden Passivsammler in der Feldposition n IV 1c aufgestellt, mit denen innerhalb von vier Wochen der Schwefeldioxidgehalt und der Stickstoffdioxidgehalt in der Luft gemessen worden ist.⁶¹ Dafür wurden die Passivsammler an der Innenseite der Glasoberfläche, im Zwischenraum zur Schutzverglasung hin und an der Außenseite der Schutzverglasung aufgehängt. Im Innenraum lag der Schwefeldioxidgehalt unter der Nachweisgrenze von 0,3 ug/m³. Im Außenbereich wurde ein Wert von 1,3 ug/m³ ermittelt. Der Mittelwert des Stickstoffdioxidgehaltes lag an der Innenseite der Glasoberfläche bei 17,8 ug/m³ und in der Spaltseite bei 17,5 ug/m³. Die Außenluft enthielt in dem gemessenen Zeitraum 26,9 ug/m³.

Die Messung mittels Passivsammler kann jedoch nur Richtwerte angeben. Das Schadausmaß auf den Glasmalereien ist nicht unmittelbar von der Schadstoffkonzentration der Luft abhängig, sondern vielmehr von der absorbierten Schadstoffmenge der Glasoberflächen. Die stark verschmutzten Oberflächen der Gläser dürften die Aufnahme der Schadstoffe wesentlich beeinträchtigen.

Wie stark hohe Luftfeuchtigkeiten und aggressive Luftverunreinigungen die Glasmalereien schädigen können, hängt auch von der chemischen Zusammensetzung der Gläser ab. Die chemische Beständigkeit eines Glases wird wesentlich von der Alkalikonzentration und die Art des Alkalioxydes beeinflusst. Eine hohe Alkalikonzentration erleichterte bei der Herstellung den Schmelzprozess erheblich, weil geringere Temperaturen erforderlich sind. Die Analysen zu einzelnen Gläsern des Erfurter Domes zeigen einen für vergleichbare mittelalterliche Gläser nicht untypischen, sehr hohen Alkaligehalt in Form von K₂O und CaO, einen Alkalioxidgehalt von mehr als 20 – 23 Masse-% und einen geringen SiO₂-Gehalt von nur 45-48 Masse-%.⁶² Die Gläser sind in sehr unterschiedlichem Ausmaß innerhalb der Felder korrodiert. So ist ein hellblaues Glas in der Scheibe n II 1b nicht korrodiert. Vermutlich handelt es sich dabei um eine Glassorte mit einem höheren PbO-Gehalt, der dafür sorgt, dass die Auslaugung in wesentlich geringerem Ausmaß voran gehen kann. Anders bei den stark korrodierten Gläsern. Die meisten Gläser des Erfurter Domes sind hochkaliumhaltig und lassen sich stark auslaugen.

⁶¹ Passivsammler der Firma *passam ag*, CH-8708 Männedorf.

⁶² Kühne, 1960, S. 260-262.

6. Zusammenfassung

Die vergleichende Betrachtung der Schäden an den Erfurter Glasmalereien konzentrierte sich auf zwei Scheiben, die im Erfurter Dom eingebaut sind und auf zwei Scheiben, die seit der Mitte des 19. Jahrhunderts in Museen in London und München aufbewahrt werden.

An den in situ eingebauten Scheiben zeigte sich, dass die Glaskorrosion und der Malschichtverlust mit dem Einsetzen der Industrialisierung um 1850 wesentlich fortgeschritten sind. Einhergehend mit der hohen Luftfeuchtigkeit im Erfurter Dom konnten die Luftschadstoffe die Glassubstanz stark schädigen. Verstärkt wurden die Schäden durch restauratorische Eingriffe wie intensive Reinigungen in den Jahren 1856-60 und der Auftrag einer spannungsreichen Zaponlackschicht in den Jahren 1909-11.

Diese Einflüsse konnten auf die zwei Scheiben im BNM in München und im V&A in London nicht einwirken. Die seit ihrem Ankauf in Ausstellungen bzw. Depots gelagerten und seit Beginn des 21. Jahrhunderts in Vitrinen der beiden Museen unter klimatisch günstigen Bedingungen aufbewahrten Scheiben, sind erst im Anfangsstadium korrodiert und die Schwarzlotmalerei ist kaum geschädigt. Ausnahmsweise ist sogar bei der Scheibe in München das mittelalterliche Bleinetz erhalten geblieben, während alle Glasmalereien im Erfurter Dom komplett neuverbleit worden sind.

Die Analyse der verschiedenen Einflussfaktoren kann weiterführend zur Erstellung eines Pflege- und Monitoringkonzeptes für die Glasmalereien im Erfurter Dom genutzt werden. Dabei könnte eine Optimierung der Randbedingungen zur besseren Aufbewahrung und künftigen Erhaltung der Glasmalereien beitragen.

Insbesondere ist angeraten, eine Reduzierung der hohen Luftfeuchten im Innenraum herbeizuführen. Dafür sind im Vorfeld gezieltere Analyse zu den klimatischen Bedingungen und nähere Untersuchungen zu den Feuchtelasten im Innenraum des Erfurter Domes erforderlich.

Parallel dazu können Untersuchungen zur Wasserdampfsorption an den mittelalterlichen Gläsern wichtige Erkenntnisse zur Charakterisierung der Mikrostruktur der porösen Materialien bringen. Damit kann ein Zielklima für die korrodierten Glasoberflächen definiert werden, womit ein Fortschreiten der Korrosion verringert wird.⁶³

⁶³ Verweis auf das DBU-Projekt: „Restaurierung der wertvollen mittelalterlichen, umweltgeschädigten Glasfenster der Divi Blasii Kirche in Mühlhausen unter Berücksichtigung klimatischer Faktoren“, Aktenzeichen 24545 – 45.

Literaturverzeichnis

Bornschein, Falko / Brinkmann, Ulrike / Rauch, Ivo: Erfurt - Köln – Oppenheim. Quellen und Studien zur Restaurierungsgeschichte mittelalterlicher Farbverglasungen. (=Corpus Vitrearum Medii Aevi, Deutschland, Studien 2), Berlin, 1996, S. 24-99 und S. 203-261.

Beeh-Lustenberger, Suzanne: Glasmalerei um 800-1900 im Hessischen Landesmuseum Darmstadt, Kataloge des Hessischen Landesmuseums Nr. 2, hrsg. Gerhard Bott, Hanau, 1973.

Drachenberg, Erhard, Maercker, K.-J., Schmidt, Christa: Die mittelalterliche Glasmalerei in Erfurt, Teil 1: Ordenskirchen und Angermuseum, Corpus Vitrearum Medii Aevi, Deutsche Demokratische Republik, Band 1, Berlin, 1976.

Drachenberg, Erhard: Die mittelalterliche Glasmalerei in Erfurt, Corpus Vitrearum Medii Aevi, DDR, Bd. 1, Teil 2, Berlin, 1980.

Drachenberg, Erhard: Neue Forschung zur mittelalterlichen Glasmalerei in der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin, 1989.

Georgi, Nancy: Erhalten für die Zukunft, Konservatorische Anforderungen an Glasmalerei-Vitrinen und deren Bewertung in der Praxis, unveröffentlichte Diplomarbeit an der Fachhochschule Erfurt, Studiengang Konservierung und Restaurierung von Glasmalerei und Glasfenster, Erfurt, 2002.

Helbing, Hugo: Katalog der Versteigerung Nachlass Prof. A. Linnemann, Frankfurt/M., 9.-10. Dezember 1930.

Kirsch, H., Ullmann, R., Stein, B., Materna, H.: Immissionsratenmessungen von Schwefeldioxid und Chlorwasserstoff am Erfurter Dom und die Schadwirkung auf Glasmalereien. In: Zeitschrift für die gesamte Hygiene und ihre Grenzgebiete, 22. Jahrgang, Heft 1, Berlin, 1976.

Kühne, Klaus: Beitrag zur Kenntnis mittelalterlicher Gläser. In: Silikattechnik 11. Jahrgang, Nr. 6, Berlin, 1960.

Lymant, Brigitte: Katalogeintrag. In: Die Parler und der Schöne Stil 1350–1400, Europäische Kunst unter den Luxemburgern, Ein Handbuch zur Ausstellung des Schnütgen-Museums in der Kunsthalle Köln, Anton Legner (Hrsg.), Köln, 1978.

Neumann, H.-H., Stoffregen, J.: unveröffentlichter Bericht zu Messung der Immissionsraten am Erfurter Dom, Universität Hamburg, Institut für Anorganische und Angewandte Chemie, Abt. Angewandte Analytik, Dezember 1990.

Publikation anlässlich der Ausstellung Fundstücke. Von den Anfängen des Museums bis zu seiner Wiedereröffnung nach dem Zweiten Weltkrieg, 9. November 2006-14. Januar 2007, hrsg. Hessisches Landesmuseum Darmstadt, Darmstadt, o. J. S. 3-69

Rackham, Bernard: A Franconian glass panel at South Kensington, Burlington Magazine, vol. 46, o.O., 1925.

Rackham, Bernard: a guide to the collections of stained glass by Bernard Rackham, Victoria and Albert Museum Department of ceramics, Kat. London, 1936.

Schinnerer, Johannes: Katalog der Glasgemälde des Bayerischen Nationalmuseums München, München, 1908.

Torge, Manfred; Naturwissenschaftliche Untersuchungen im Rahmen des Projektes „Konservierung mittelalterlicher Glasmalerei im Kontext spezieller materieller und umweltbedingter Gegebenheiten“, Abschlußbericht des Forschungsprojektes, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin, 2010.

Wentzel, Hans: A panel of stained glass from Erfurt Cathedral, Victoria & Albert Museum Bulletin 4, London, 1968.

Williamson, Paul: Medieval and Renaissance Stained Glass in the Victoria and Albert Museum, London, 2003.

Abbildungsnachweis

- Abb. 1: Nicole Sterzing, freiberufliche Dipl. Rest. (FH) für Glasmalerei und Glasfenster, 2009
- Abb. 2: Archiv Glaswerkstatt Erfurter Dom (E. Henning), 1990
- Abb. 3: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2009
- Abb. 4: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2009
- Abb. 5: Bildarchiv Foto Marburg, Aufnahme-Nr. 110.051, 1885-1914
- Abb. 6: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2009
- Abb. 7: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2009
- Abb. 8: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2009
- Abb. 9: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2009
- Abb. 10: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2009
- Abb. 11: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2009
- Abb. 12: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2009
- Abb. 13: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2009
- Abb. 14: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2009
- Abb. 15: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2009
- Abb. 16: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2009
- Abb. 17: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2009
- Abb. 18: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2009
- Abb. 19: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2009
- Abb. 20: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2009
- Abb. 21: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010
- Abb. 22: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2009
- Abb. 23: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010
- Abb. 24: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2009
- Abb. 25: Mattias Jähn, Domwerkstatt, 2008
- Abb. 26: Kopie der farbigen Zeichnung, Firma Derix, zwischen 1861-1899
- Abb. 27: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010
- Abb. 28: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010
- Abb. 29: Victoria & Albert Museum London, Negativ-Nr. 48847, vermtl. 1912
- Abb. 30: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010
- Abb. 31: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010
- Abb. 32: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010
- Abb. 33: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010
- Abb. 34: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010
- Abb. 35: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010
- Abb. 36: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010
- Abb. 37: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010
- Abb. 38: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010
- Abb. 39: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010
- Abb. 40: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010
- Abb. 41: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010
- Abb. 42: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2008
- Abb. 43: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2008
- Abb. 44: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2008
- Abb. 45: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2008
- Abb. 46: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010
- Abb. 47: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010

- Abb. 48: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010
Abb. 49: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010
Abb. 50: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010
Abb. 51: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010
Abb. 52: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010
Abb. 53: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010
Abb. 54: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010
Abb. 55: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010
Abb. 56: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2010
Abb. 57: Bildarchiv Foto Marburg, Aufnahme-Nr. 110.051, um 1900
Abb. 58: Bildarchiv Foto Marburg, Aufnahme-Nr. 148.626, Foto von 1932
Abb. 59: E. Thormann, Potsdam, Arbeitsstelle für Glasmalereiforschung des CVMA, 1941-42
Abb. 60: Archiv Glaswerkstatt Erfurter Dom, Foto um 1959/60
Abb. 61: Nicole Sterzing, Dipl. Rest. (FH), 2008
Abb. 62: Archiv Glaswerkstatt Erfurter Dom, um 1900
Abb. 63 Bildarchiv Foto Marburg, Aufnahme-Nr. 148.683, Foto von 1932
Abb. 64: Archiv Glaswerkstatt Erfurter Dom, Foto von 1959/60
Abb. 65: Hessisches Landesmuseum Darmstadt (W. Kupfer), F 23706, 1992
Abb. 66: Hessisches Landesmuseum Darmstadt (W. Kupfer), F 23707, 1992
Abb. 67: Hessisches Landesmuseum Darmstadt (W. Kupfer), F 23708, 1992
Abb. 68: Hessisches Landesmuseum Darmstadt (W. Kupfer), F 23705, 1992

Nahfeldklimamessungen an zwei mittelalterlichen Chorfenstern des Domes St. Marien in Erfurt

Oliver Hahn

1. Anlass der Untersuchungen

1.1 Einordnung in das Gesamtprojekt

Neben kunsthistorischen und naturwissenschaftlichen Untersuchungen wurden durch das IBW im Rahmen des Projektes, bauphysikalische Fragestellungen bearbeitet. Insbesondere sollte die derzeitige Einbausituation der Fenster unter dem Aspekt der Umwelteinflüsse und der vorangegangenen Restaurierungsphasen untersucht und bewertet werden. Hierzu wurden über fast 1,5 Jahre Klimamessungen an den beiden Chorfenstern nII und nIV durchgeführt. Die Messungen beschränkten sich auf jeweils 1 Feld in der Reihe 1. Neben den Klimadaten im Innenraum, nahe den Fenstern, im Spalt und außen vor den Fenstern waren die Bedingungen unmittelbar an der Oberfläche der mittelalterlichen Fensterscheiben von Interesse. Hierfür wurden die Oberflächentemperaturen gemessen. Für die klimatische Wirkung des Spaltes zwischen der Bleiverglasung und der Außenschutzverglasung ist die Luftströmung von Bedeutung. Daher wurde sie an beiden Fenstern ebenfalls gemessen.

Da die originalen Scheiben während der Dauer des Projektes ausgebaut und untersucht wurden, kamen an ihrer Stelle Ersatzscheiben, so genannte Dummies zum Einsatz. Hierbei handelte es sich um Klarglasscheiben, die mit einer Folie (mit der Abbildung der Originale im Maßstab 1:1) beklebt wurden.

Zwei Scheiben aus dem Originalbestand des Erfurter Domes befinden sich derzeit in Museen in München und London. Aufgrund Ihrer Aufbewahrung und Präsentation im Museum waren diese Scheiben über Jahrzehnte nicht den äußeren Umweltbelastungen ausgesetzt. Daher war es von großem Interesse, die klimatischen Randbedingungen und den Erhaltungszustand dieser beiden Scheiben zu erfassen und im Vergleich zu bewerten. Grundlage für die Bewertung der klimatischen Verhältnisse sind eigene Klimamessungen im Bayrischen Nationalmuseum in München und übergebene Messprotokolle aus dem Victoria & Albert Museum in London.

1.2 Einfluss des Klimas auf Erhaltungszustand

Mittelalterliche bemalte Kirchenfenster haben die Spezifik, dass sie ein Bestandteil der Bauwerkshülle und Kunstwerk zugleich sind. Daraus resultiert natürlich eine Reihe von Problemen. Ihre Funktion, den Innenraum der Kirche vor dem Außenklima zu schützen bedeutet entsprechend eine Belastung der Fenster durch Regen, Sonnenstrahlen, Schadstoffe und mechanische Einwirkungen. Ein negativer Einfluss auf den Erhaltungszustand ist die Folge. Ein Ausbau der Scheiben und eine Präsentation im Museum unter idealen klimatischen Bedingungen ist zwar eine Alternative, aber das Erleben der Fenster ist nur am originalen Ort authentisch möglich. Die Wirkung des Raumes einer Kirche lässt sich im Museum nicht nachstellen. Aufgrund ihrer Exposition erlitten viele Fenster im Zuge der Industrialisierung zunehmende Schädigungen. Insbesondere durch die Schadstoffbelastung in der Luft kam es zu Korrosion des Glases und der Malschichten.

Im 20. Jahrhundert wurden immer schneller verlaufende Schädigungen festgestellt. Diese Entwicklung führte zu Überlegungen, wie man die Originalscheiben in situ besser schützen kann. So setzte sich ab der Mitte des 20. Jahrhunderts zunehmend die Verwendung einer Außenschutzverglasung durch. Auch wenn es verschiedene Prinzipien der Außenschutzverglasung gibt, so ist ihnen allen gemein, dass außen vor die Originalverglasung eine neue Verglasungsebene eingebaut wurde. Die übliche Variante ist dabei die, dass die Außenschutzverglasung an die Stelle der historischen Gläser gerückt wird und diese in einem gewissen Abstand innen davor gesetzt wird. Dieser Abstand variiert in der Praxis von wenigen Millimetern bis z.T. über 10 cm. Hinsichtlich der Belüftung des Scheibenzwischenraumes unterscheidet man im Wesentlichen in die Varianten innenbelüftet, außenbelüftet oder unbelüftet. Die belüfteten Systeme verfügen in der Regel über Lüftungsschlitze oben und unten an den jeweiligen Fensterbahnen.

Neben dem Schutz vor mechanischen, witterungsbedingten und Schadstoffeinwirkungen bringen diese Konstruktionen, die mittlerweile in Europa zu einer Art Standard geworden sind, jedoch auch neue Probleme mit sich. In dem Scheibenzwischenraum stellt sich ein Mikroklima ein, welches häufig sowohl vom Außen- als auch vom Innenklima stark abweicht. Bei dem in Deutschland überwiegend angewandten, auch im Erfurter Dom vorhandenen, innenbelüfteten System reagiert das relativ kleine Luftvolumen im Spalt stark auf die Temperatur und Strahlungseinflüsse von außen, wird aber vom Feuchtehaushalt der innen herrschenden Raumluft bestimmt. Über die Auswirkungen dieser Situation auf den Erhaltungszustand der historischen Fenster liegen bisher wenige wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse vor.

Gesichert ist die Erkenntnis, dass die meisten chemischen Umwandlungsprozesse im Glas und den Malschichten Wasser als Reaktionspartner benötigen. Da durch die Außenschutzverglasung kein Regenwasser direkt an die Glasoberfläche der historischen Scheiben gelangen kann, bleibt der Transport des Wassers in gasförmigem Zustand zur Oberfläche. Die Wasseraufnahme erfolgt dann durch Sorption und lagert sich in Form von Wassermolekülen an den inneren Porenwänden ab oder das Wasser kondensiert an der Oberfläche der Scheibe infolge Taupunktunterschreitung.

Die Menge des Wasserdampfes der durch Sorption aufgenommen werden kann, hängt zum Einen von der relativen Luftfeuchte der Umgebung und zum Anderen von den Sorptionseigenschaften der Glasoberfläche ab. Die Wasseraufnahme durch Sorption wird durch Salze beispielsweise stark erhöht. So spielen neben der ursprünglichen Glasbeschaffenheit auch die in der Vergangenheit verwendeten Restaurierungsmaterialien, wie auch die Schadgasbelastung aus der Umwelt, eine wesentliche Rolle.

Für die Bewertung des Schadenspotenzials in der konkreten Einbausituation ist daher die Erfassung der Feuchte im Nahfeld der Scheiben von großer Bedeutung.

2. Einbausituation und Randbedingungen

2.1 Domfenster

Die betrachteten beiden Scheiben im Erfurter Dom befinden sich in der Zeile 1 der Fenster nII und nIV. An der ursprünglichen Position der Bleiverglasung befindet sich seit Anfang der 90-iger Jahre eine Außenschutzverglasung, die zum Stein hin vermörtelt ist. Über die historischen Quereisen sind die Bleiglasscheiben in einem Abstand von ca. 5 bis 6 cm davor gehängt. Seitlich sind die Bleiglasscheiben mit Bleilaschen gegen den Stein abgedichtet. Eine vollständige Luftdichtheit ist damit aber nicht gegeben. Die Schutzverglasung besteht auch aus kleineren, in Blei gefassten, Rechteckscheiben. Auch hier kann nicht von einer Luftdichtheit ausgegangen werden.

Die klimatischen Einflüsse auf die Scheiben resultieren aus dem Außenklima und dem Raumklima im Chor des Domes. Aufgrund der Ausrichtung nach Norden kommt es zu nächtlichen Strahlungseinflüssen (Abstrahlung). Im Fenster nII erfolgt kurzzeitig eine direkte Sonneneinstrahlung, allerdings morgens und mit geringer Intensität. Das Innenklima ist durch das große Volumen der Kirche und die thermische Trägheit der Baukonstruktion gekennzeichnet. Eine Beheizung der Kirche findet nicht statt. Besucher kommen ganzjährig in den Dom. Zu Konzerten und Messen sind für kurze Zeit sehr große Menschenmengen in der Kirche.

2.2 München

Die Scheibe im Bayrischen Nationalmuseum in München ist in einer Schauwand integriert. Die Vorderseite (Innenseite) der Bleiglasscheibe ist zum Innenraum hin ungeschützt, die Rückseite deckt eine Plexiglasscheibe in einem Abstand von ca. 0,5 bis 1 cm ab. Die Scheibe wird rückseitig durch eine Kaltlichtlampe angestrahlt. Die Schauwand ist rückseitig und an der Seite geschlossen.

Eine direkte Sonneneinstrahlung findet nicht statt, da der Raum generell abgedunkelt und nur schwach mit Kunstlicht ausgeleuchtet wird. Der Raum wird, wie das ganze Museum, beheizt. In dem von einer weiteren Schauwand zugestellten Fenster befindet sich ein Ventilator, der für einen moderaten Luftwechsel sorgt. Angaben zur Anzahl der Besucher und zu ihrer Verweildauer im Raum liegen dem Verfasser nicht vor.

2.3 London

Auch die Londoner Scheibe ist in einer Schauwand integriert. Diese befindet sich jedoch in einem Abstand von ca. 80 cm vor einem nach Westen ausgerichteten Fenster. Die originale Scheibe wird somit der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt. Die Innenseite der Scheibe ist mit einer direkt auf dem Bleinetz aufliegenden Plexiglasscheibe versehen. Auf beiden Seiten der Scheibe herrschen Raumklimabedingungen. Auch für dieses Museum liegen dem Verfasser keine Informationen zur Besucherzahl und Verweildauer im betreffenden Raum vor.

3. Messkonzept und durchgeführte Untersuchungen

Das nachfolgend erläuterte Messkonzept bezieht sich auf die Untersuchungen der Fenster im Erfurter Dom. Aus dem Londoner Museum wurden Messdiagramme zur Verfügung gestellt. Im Bayerischen Nationalmuseum sind im Rahmen des Projektes eigene Messungen durchgeführt worden. Jeweils die Lufttemperatur und die relative Luftfeuchte an der Vorder- und Rückseite der Scheibe wurden gemessen.

Zur Bewertung des Nahfeldklimas der Erfurter Domfenster wurden exemplarisch die Felder nII 1b (Passionsfenster) und nIV 1c (Apostelmartyrienfenster) mit Messtechnik ausgestattet. Beide Fenster wurden identisch instrumentiert. Die prinzipielle Messanordnung entspricht der nachfolgenden Skizze:

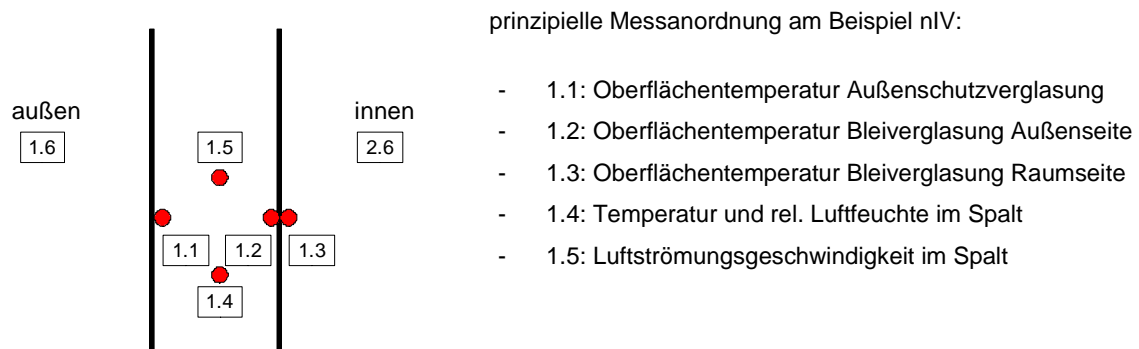


Abb. 1: prinzipielle Messanordnung am Beispiel nIV

Das Außenklima wurde an der Nordseite zwischen den Fenstern nIII und nIV gemessen. Die Innenklimamessstelle befindet sich in unmittelbarer Nähe zum Fenster nII.

Es kam eine automatische Messanlage mit Datenfernübertragung per Mobilfunk zur kontinuierlichen Datenabfrage und -sicherung zum Einsatz.

Die Messungen begannen mit der Installation am 23.10.2008. Das Messintervall betrug 10 Minuten. Die Auswertung beinhaltet den Leistungszeitraum vom 23.10.2008 bis 04.03.2010.

Zur Bewertung der Klimasituation an den einzelnen Feldern wurden in der Auswertung folgenden Kennwerte aus den Messwerten rechnerisch ermittelt:

- Taupunkttemperatur für den Spalt zwischen Schutzverglasung und Originalverglasung
- Taupunkttemperatur für das Raumklima

Die Dauer glasschädigender Ereignisse wurde durch Zählung von Grenzwertüberschreitungen pro Tag ermittelt:

- relative Luftfeuchte im Spalt über 80 % r.F.
- relative Luftfeuchte im Spalt über 90 % r.F.
- Taupunktüberschreitung an der Glasoberfläche der Schutzverglasung Spaltseite
- Taupunktüberschreitung an der Glasoberfläche der Originalverglasung Spaltseite
- Taupunktüberschreitung an der Glasoberfläche der Originalverglasung Raumseite

Über den Messzeitraum wurden folgende Extremwerte gemessen:

Messgröße	Messstelle	Minimalwert	Maximalwert
n IV 1c			
Oberflächentemperatur	1.1	-13,4 °C	29,7 °C
Oberflächentemperatur	1.2	-8,2 °C	28,8 °C
Oberflächentemperatur	1.3	-6,6 °C	28,5 °C
relative Luftfeuchte Spalt	1.4	44 %	100 %
Temperatur im Spalt	1.4	-8,2 °C	25,9 °C
Luftströmung	1.5	0 m/s	0,7 m/s (Einzelwert: 2,5 m/s)
rel. Außenluftfeuchte	1.6	32 %	100 %
Außentemperatur	1.6	-14,6 °C	33,0 °C
n II 1b			
Oberflächentemperatur	2.1	-13,4 °C	33,9 °C
Oberflächentemperatur	2.2	-8,3 °C	25,9 °C
Oberflächentemperatur	2.3	-7,3 °C	36,9 °C
relative Luftfeuchte Spalt	2.4	44 %	100 %
Temperatur im Spalt	2.4	-8,8 °C	26,4 °C
Luftströmung	2.5	0 m/s	0,9 m/s
rel. Raumlufffeuchte	2.6	45 %	87 %
Raumlufftemperatur	2.6	-0,4 °C	26,0 °C

Abb. 2: tabellarische Zusammenstellung statistischer Kennwerte

4. Messergebnisse

4.1 Beschreibung der wesentlichen Ergebnisse

Außenklima

Der Messzeitraum war gekennzeichnet von einem relativ milden Winter 2008/2009 mit einer kurzen starken Frostperiode um den Jahreswechsel und einem sehr strengen Winter 2009/2010 mit lang anhaltenden tiefen Temperaturen. Die Außenklimamessstelle befindet sich an der Nordseite des Chores, sodass keine direkten Strahlungseinflüsse zu einer Beeinflussung der Messungen geführt haben. Die Lage des Chores ist im Vergleich zur umgebenden Bebauung exponiert, sodass von einer entsprechenden Windbelastung ausgegangen werden kann.

Innenklima

Das Innenklima im Chorraum des Domes ist im Vergleich zum Außenklima stark gedämpft. Die tageszeitlichen Schwankungen sowohl bei der Temperatur als auch bei der relativen Luftfeuchtigkeit sind geringer als außen. Die Abhängigkeit des Innenklimas vom Außenklima ist deutlich erkennbar, das heißt das Innenklima folgt mit einer leichten zeitlichen Verzögerung dem Außenklima. Die Temperaturwerte erreichen im Sommer bis 25 °C und sinken im Winter auf bis zu 0°C, sodass bereichsweise Frost auftritt. Die Kirche ist nicht beheizt. Die im Winter leicht über den Außentemperaturen liegenden Innenwerte aus dem Wärmespeichervermögen des thermisch schwer einzuordnenden Baukörpers erklären sich hiermit. Die hohen Temperaturen im Sommer werden durch den vorhandenen Lüftungsförderstrom über Fenster und Türen sowie durch Strahlungsgewinne, vor allem über die Südfenster, erzielt.

Die relative Luftfeuchtigkeit schwankt im Chorraum ganzjährig zwischen 60% und 80%, zeitweise liegen die Werte auch darüber bzw. darunter. Dass die relative Luftfeuchte auf einem durchgehend hohen Niveau liegt, ist mit der Tatsache zu begründen, dass die Kirche nicht beheizt wird. Lediglich zu Veranstaltungen und Messen werden die Bankheizungen für kurze Zeit betrieben. Die damit erzeugte Wärmemenge reicht aber nicht aus, um eine relative Erwärmung des Domes zu bewirken.

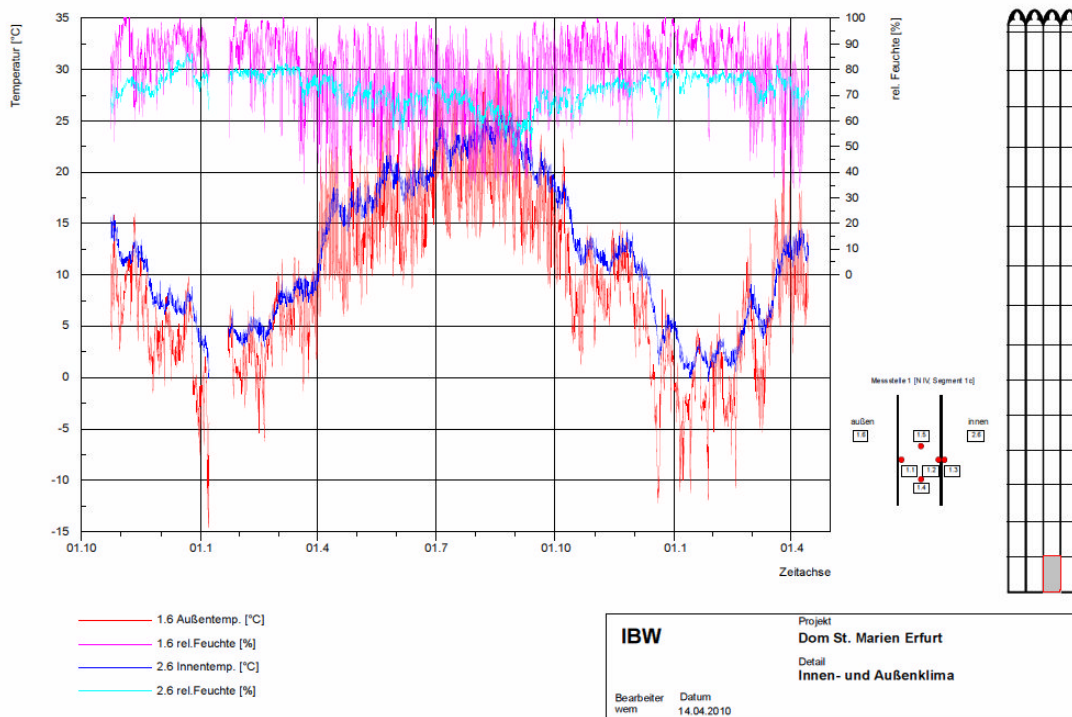


Abb. 3: Dom St. Marien Erfurt, Innen- und Außenklima

Oberflächentemperaturen

Die beiden Fenster nII und nIV unterscheiden sich bezüglich der Oberflächentemperaturen infolge des Einflusses der direkten Sonneneinstrahlung auf das Fenster nII. Hier sind die maximal auftretenden Temperaturen sowohl am Originalglas als auch am Schutzglas um bis zu 10 Kelvin höher als am Fenster nIV. Es wurden maximale Oberflächentemperaturen von 38°C gemessen. Die Erwärmung der Scheiben bei eintretender direkter Sonneneinstrahlung erfolgt sehr schnell. Im Diagramm mit der Darstellung von drei Sommertagen ist für das Fenster nII erkennbar, dass die Oberflächentemperaturen innerhalb von 2 Stunden um 25 Kelvin steigen. Diese kurzfristigen Temperaturänderungen können zu thermischen Spannungen am Glas und der Malschicht führen. Bei der Übertragung auf süd- und westorientierte Fenster ist zu berücksichtigen, dass die Morgensonne weniger Intensität besitzt als die Mittags- und Abendsonne.

Im Winter wurden an den Oberflächen z.T. sehr niedrige Temperaturen registriert. Es sind zeitweise an den bemalten Scheiben Temperaturen von weniger als -8°C gemessen worden. Solch starker Frost kann sich negativ auf die Gläser und insbesondere die Malschichten auswirken. Ein weiterer kritischer Zustand ist in Form der häufigen Frost-Tau-Wechsel an den Scheiben festgestellt worden. Hier kann bei hoher Feuchtigkeit durch ständige Volumenvergrößerung des angelagerten Wassers eine starke Gefügeschädigung an den Malschichten auftreten. Beide untersuchten Scheiben weisen in der kalten Jahreszeit qualitativ wie auch quantitativ ein ähnliches Temperaturverhalten auf.

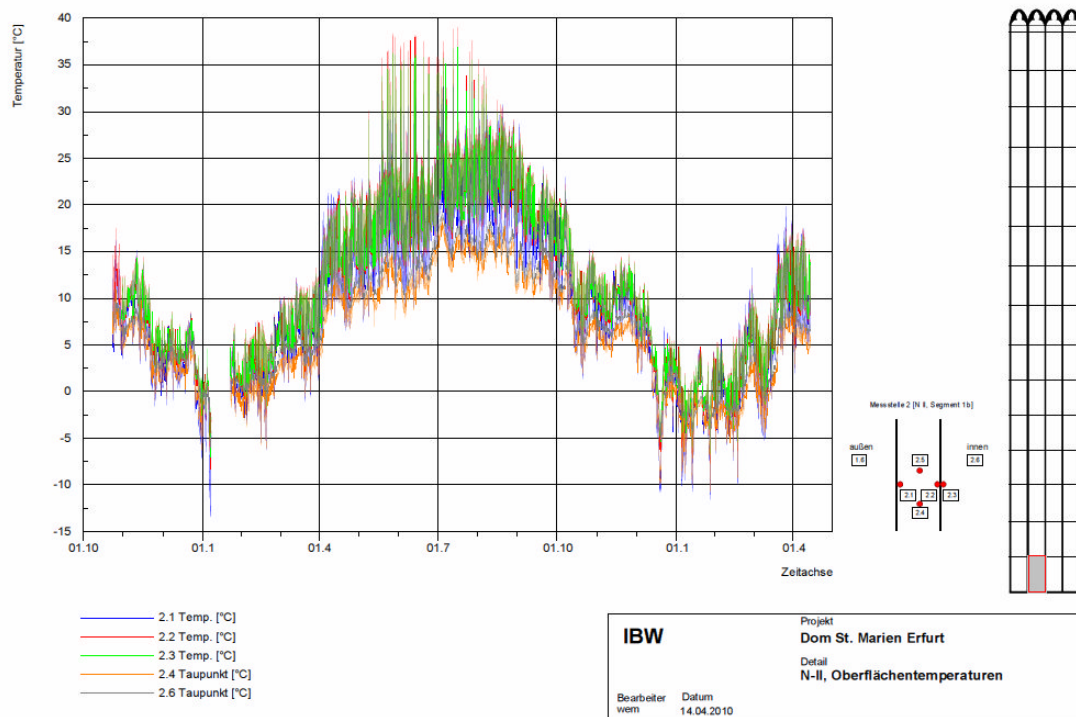


Abb. 4: Dom St. Marien Erfurt, n II Oberflächentemperaturen

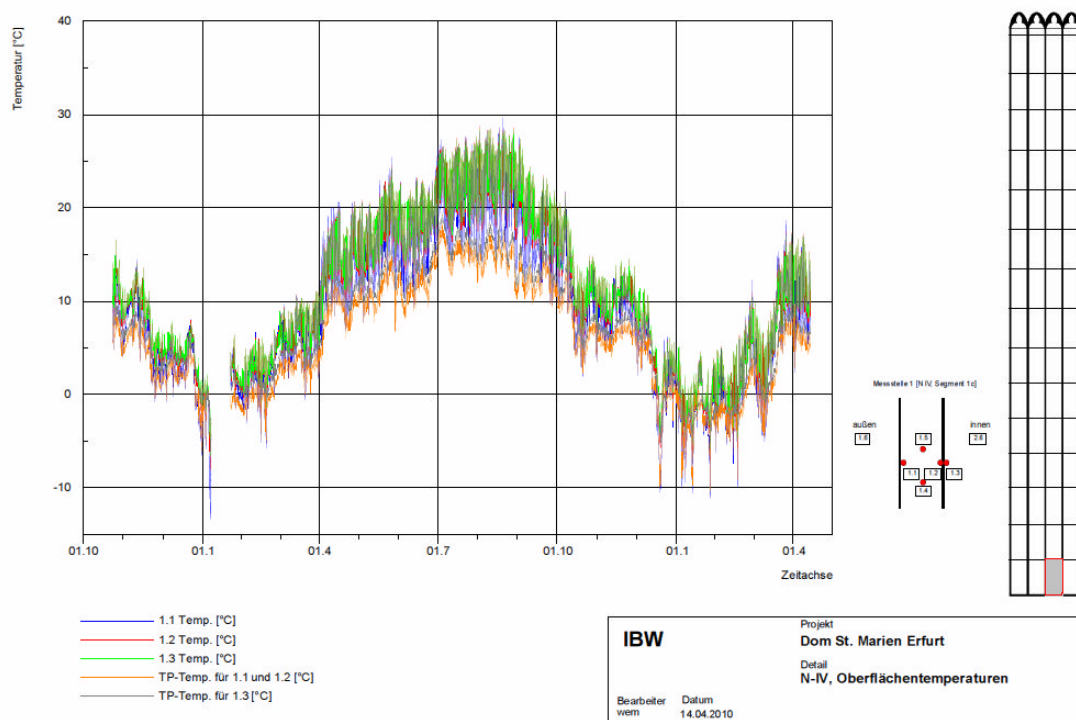


Abb. 5: Dom St. Marien Erfurt, n IV Oberflächentemperaturen

Relative Luftfeuchte im Spalt

Im Vergleich zur relativen Luftfeuchte im Chorraum sind die Schwankungen im Spalt jeweils wesentlich größer. Im Spalt des Fensters nIV liegt die relative Feuchte fast ganzjährig über der des Innenraums. Im Fenster nII wird diese im Innenraum nur in den Sommermonaten zeitweise unterschritten. Zurückzuführen ist das auf die Temperaturerhöhung im Spalt infolge der direkten Sonneneinstrahlung.

In den Wintermonaten beträgt die relative Luftfeuchte in beiden Fenstern größtenteils über 80 %. Das entspricht einem Mikroklima das mikrobiologisches Wachstum befördert. Zeitweise steigen die Werte auch auf bis zu 100 %, d.h. bis zur Sättigungfeuchte an.

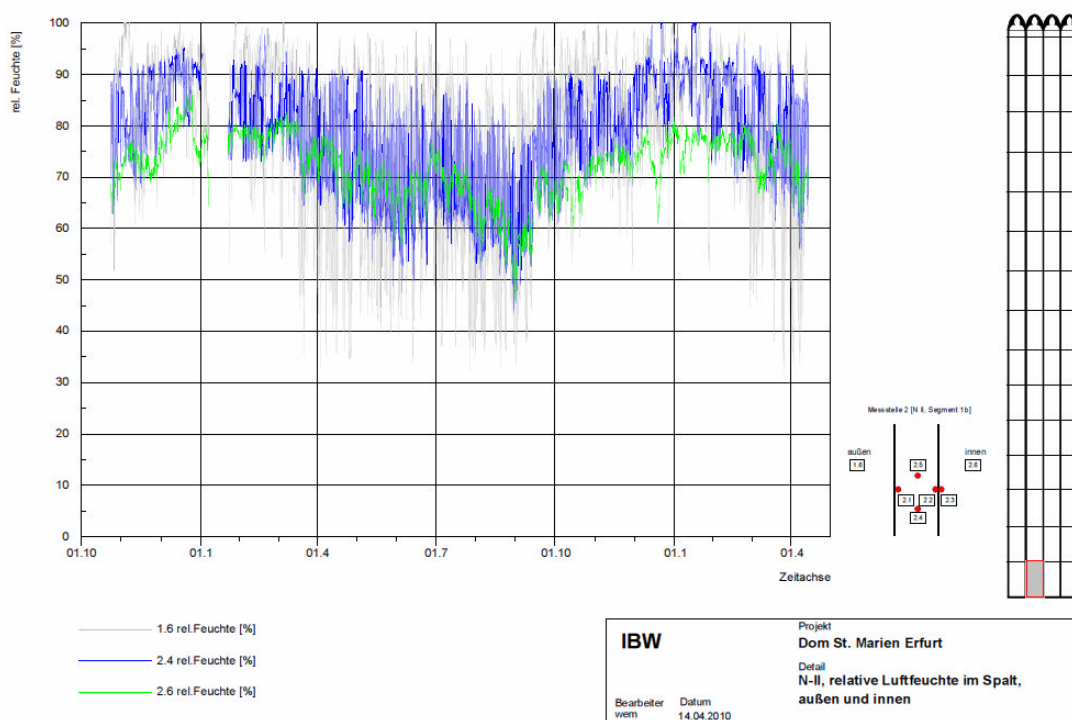


Abb. 6: Dom St. Marien Erfurt, n II relative Luftfeuchte im Spalt, außen und innen

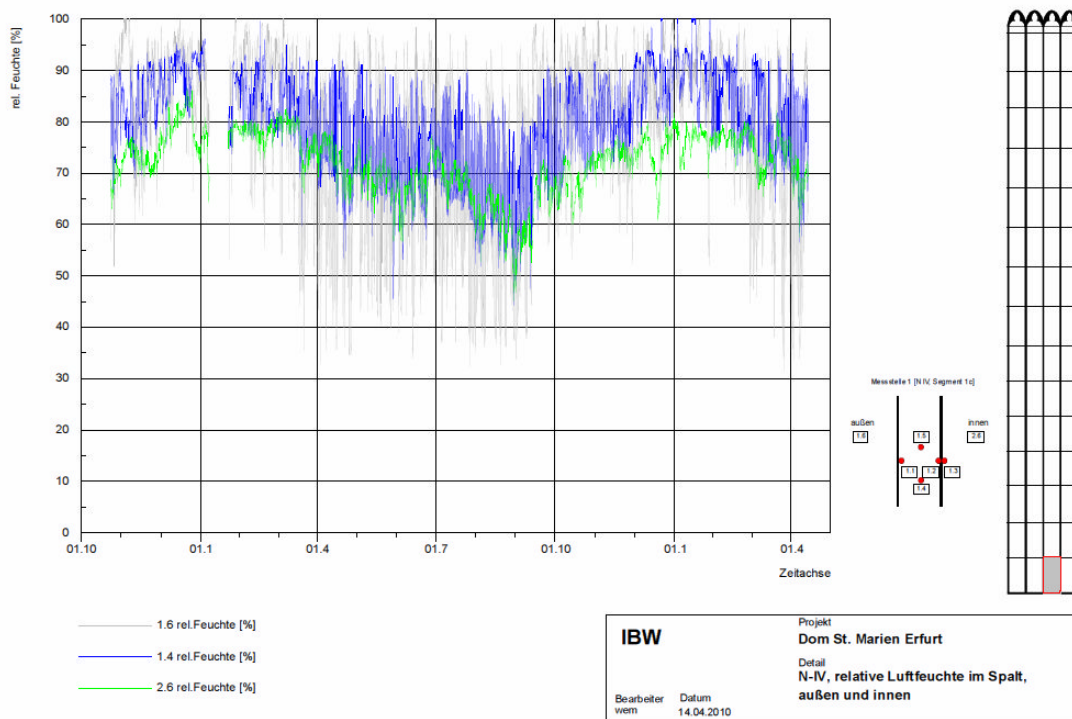


Abb. 7: Dom St. Marien Erfurt, n IV relative Luftfeuchte im Spalt, außen und innen

Strömungsgeschwindigkeiten im Spalt

Die Strömungsgeschwindigkeiten der Luft im Spalt sind im Erfurter Dom im Vergleich zu anderen Objekten relativ hoch. Es werden in der Spitze, im Fenster nII, Strömungsgeschwindigkeiten von bis zu 0,8 m/sek erreicht. Im Mittel bewegen sich die Luftströmungen in beiden Fenstern bei ca. 0,3 m/sek. Infolge der direkten Sonneneinstrahlung am Fenster nII liegen in den Sommermonaten vereinzelt Strömungsspitzen vor, die im Vergleich zum Fenster nIV um ca. 0,2 m/sek höher sind. Abgesehen von diesen einzelnen Spitzen sind die Strömungsgeschwindigkeiten über das gesamte Jahr hin relativ konstant. Hohe Strömungsgeschwindigkeiten im Spalt befördern den Abtransport von Feuchte an den Glasoberflächen, begünstigen aber auch durch einen vermehrten Transport von Staub eine Verschmutzung der Glasoberflächen.

Im Winter 2010 wurde versuchsweise eine Reduzierung der Luftöffnungen zum Spalt, im Bereich der Schwitzwasserrinne durch ein Reduzierstück, vorgenommen. Die Messergebnisse zeigen seitdem eine leichte Reduzierung der Strömungsgeschwindigkeiten um ca. 0,1 – 0,2 m/sek im Vergleich zum gleichen Zeitraum des Vorjahres.

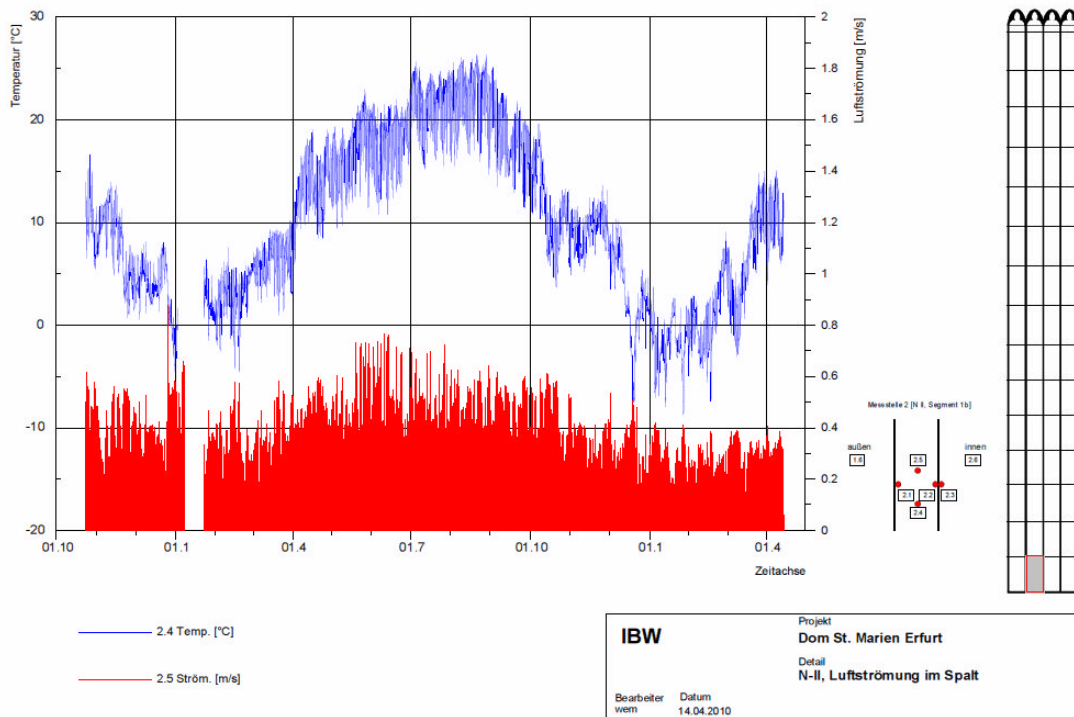


Abb. 8: Dom St. Marien Erfurt, n II Luftströmungen im Spalt

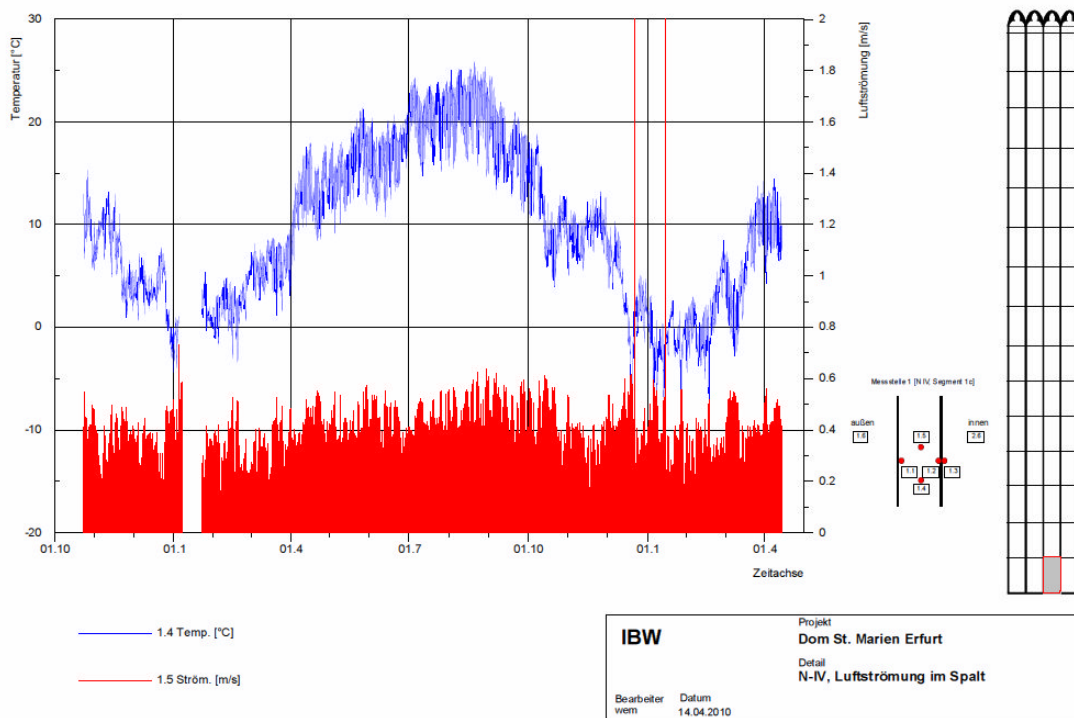


Abb. 9: Dom St. Marien Erfurt, n IV Luftströmungen im Spalt

Taupunktunterschreitungen an den Glasoberflächen

In den Wintermonaten kommt es an beiden Fenstern vermehrt zu Taupunktunterschreitungen an der Innenseite der Außenschutzverglasung, wobei die Taupunkt ereignisse im Winter 2010 häufiger eintraten als im vorangegangenen Winter. Die Taupunktunterschreitung hält zum Teil über mehrere Tage an. An der Spaltseite der Originalverglasung sind nur vereinzelt Taupunktunterschreitungen gemessen worden. Hingegen traten in einer ähnlichen Häufigkeit wie an der Außenschutzverglasung Taupunktunterschreitungen an der Innenseite der Originalgläser auf. Auch hier ist festzustellen, dass die Häufigkeit und Dauer der Unterschreitungen im Winter 2010 größer war als im Winter 2009.

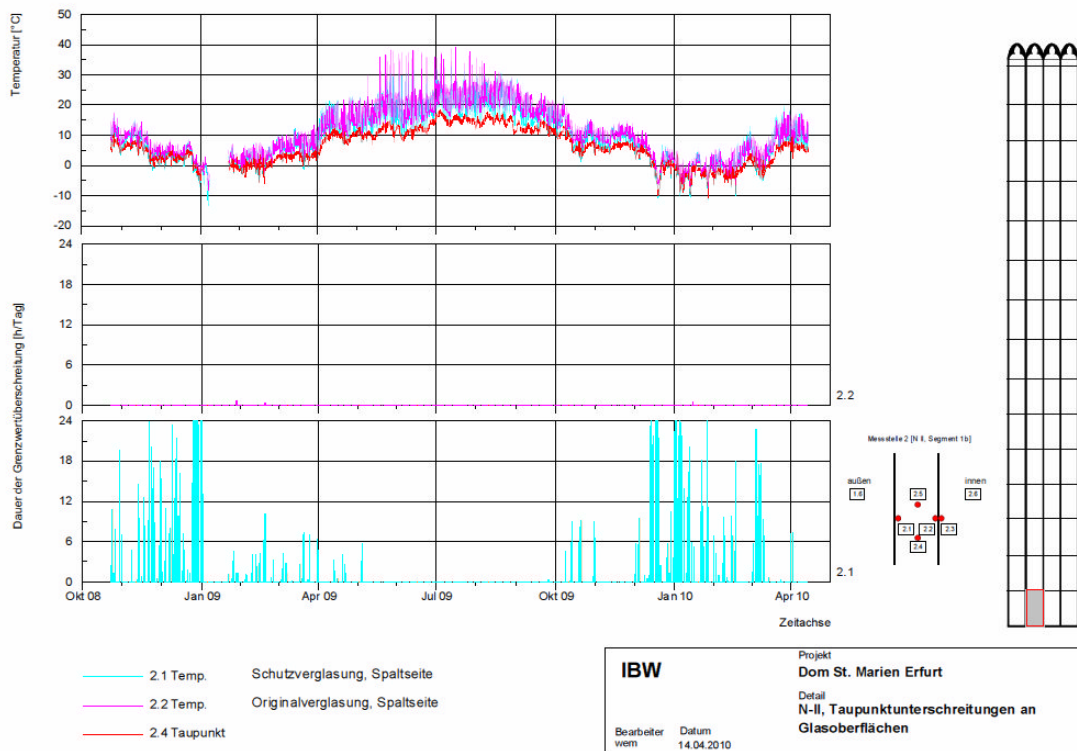


Abb. 10: Dom St. Marien Erfurt, n II Taupunktunterschreitungen an Glasoberflächen

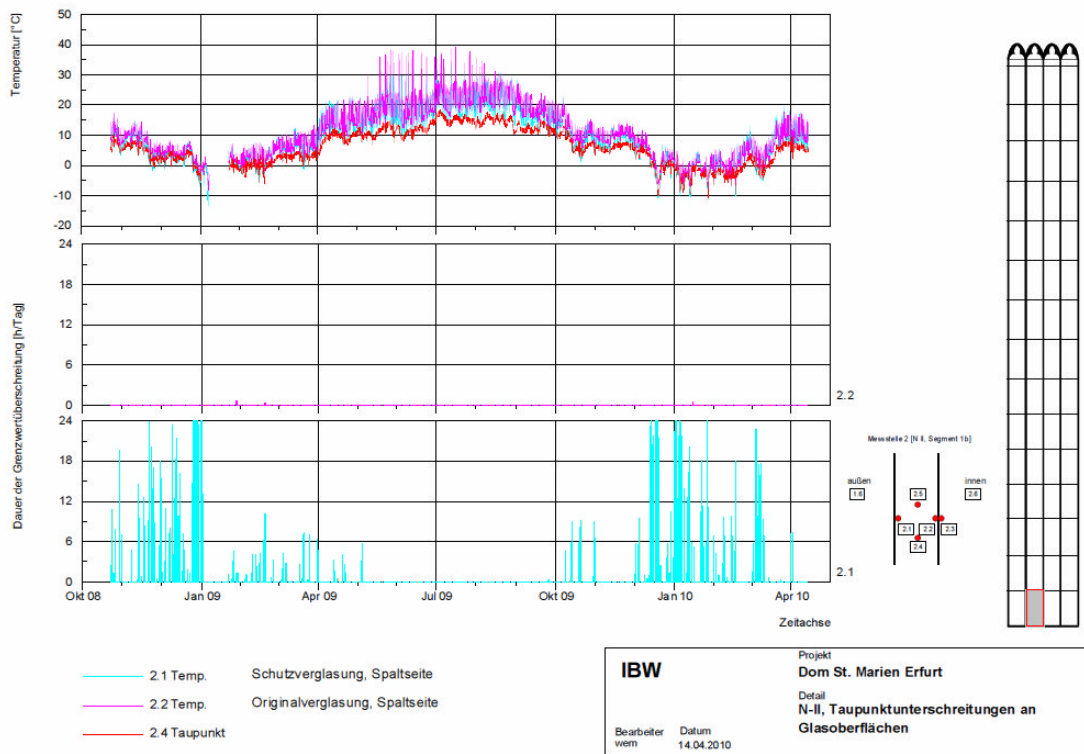


Abb. 11: Dom St. Marien Erfurt, n IV Taupunktüberschreitungen an Glasoberflächen

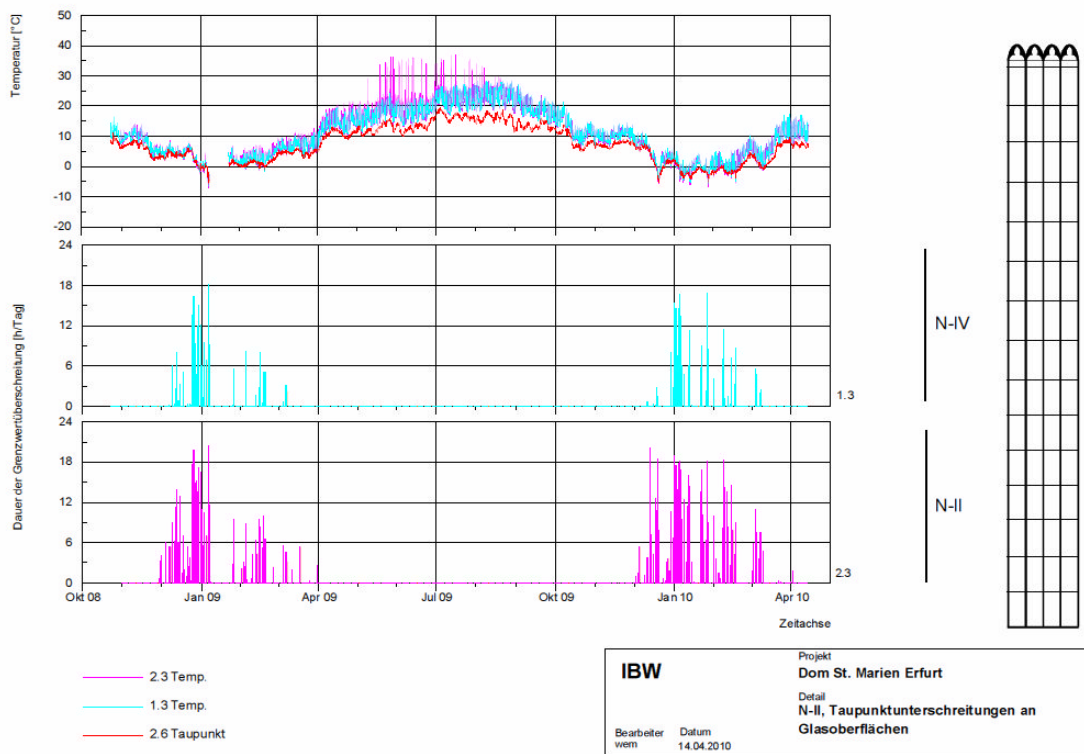


Abb. 12: Dom St. Marien Erfurt, Taupunktüberschreitungen an Glasoberflächen

4.2 Zusammenfassung der Ergebnisse im Vergleich der Fenster

	Erfurt Dom St. Marien	London Victoria & Albert Museum	München Bayrisches Nationalmuseum
	Klima	Klima	Klima
Temperatur (Min/Max/Mittel) Außenseite	-8,3°C / 36,1°C / 10,5°C	15,4°C / 34,8 °C / 23,8 °C	16,8°C / 27,4°C / -
Temperatur (Min/Max/Mittel) Innenseite	-7,0°C / 36,9°C / 10,6°C		16,8°C / 27,1°C / -
rel. Luftfeuchte (Min/Max/Mittel) Außenseite	45 % / 100 % / 79 %	12 % / 67 % / 36 %	26,1 % / 60,4 % / -
rel. Luftfeuchte (Min/Max/Mittel) Innenseite	45 % / 87 % / 72 %		28,6 % / 61,5 % / -
Temperatur Außen-seite Tagesschwankun- gen/ (Änderungsge- schwindigkeit) Innen- und Außen- seite ähnlich	~26 K / (~56 K/h)	~8 K / -	~4 K / (2 K/h)
Temperatur Innen- seite Tagesschwankun- gen/ (Änderungsge- schwindigkeit) Innen- und Außen- seite ähnlich	~23 K / (~47 K/h)		~3 K / (1 K/h)
rel. Luftfeuchte Au- ßenseite Tagesschwankungen (Änderungsge- schwindigkeit)	~40 % / (~95 %/h)	~40 % / -	~15 % / (30 %/h)

	Erfurt Dom St. Marien	London Victoria & Albert Museum	München Bayrisches Nationalmuseum
	Klima	Klima	Klima
rel. Luftfeuchte Innenseite Tagesschwankungen (Änderungsgeschwindigkeit)	~10 % / (~25 %/h)		~12 % / (10 %/h)
Datenquelle	Nahfeldmessung Oberflächentemperatur an der Außenschutzverglasung Spaltseite, und Originalverglasung Spalt- und Raumseite, relative Feuchte und Temperatur im Spalt und im Raum, Luftströmung im Spalt	Raumklimamessung Messpunkt auf gegenüberstehender Vitrine Messungen dürften sich von realen Situation am Fenster hinter der Schauwand unterscheiden	Nahfeldmessung, Temperatur und rel. Feuchte wird direkt an der Objekt- oberfläche auf beiden Scheibenseiten gemessen
Bewertung der Lage- rungsbedingungen	insgesamt sehr feuchtes Nahfeldklima mit großer Schwankungsbreite; deutliche Unterschiede zwischen Innen- und Außenseite; starke Luftbewegungen am Original; hohes Verschmutzungspotenzial; große Änderungsgeschwindigkeiten der Temperatur und rel. Feuchte; geringe Schadstoffkonzentrationen (NO2 und SO2)	insgesamt eher trockenes Klima; geringe Schwankungsbreite von Temperatur und rel. Feuchte; geringes Verschmutzungspotenzial; geringe Änderungsgeschwindigkeiten der Temperatur und rel. Feuchte;	insgesamt eher trockenes Klima; sehr geringe Schwankungsbreite von Temperatur und rel. Feuchte; geringes Verschmutzungspotenzial; sehr geringe Änderungsgeschwindigkeiten der Temperatur und rel. Feuchte;

In der unten stehenden Darstellung sind die Zeitverläufe für die relative Luftfeuchte im Spalt des Fensters nII und im Innenraum des Chores dargestellt. Es sind zudem die Schwankungsbereiche für die relative Luftfeuchte der Raumluft im Vergleich zu den Objekten in München und London eingetragen. Mit diesem Diagramm wird die Unterschiedlichkeit der Lagerungsbedingungen in Bezug auf die relative Feuchte deutlich. München weist die beste Klimastabilität auf. Die Schwankungsbreite in London ist wesentlich größer, jedoch sind die Mittelwerte ähnlich zwischen 35 und 40 %. Die Schwankungsbreite im Dom liegt etwa im Bereich von London, aber die Feuchtwerte sind insgesamt höher. In Erfurt sind Feuchtwerte von ca. 75% im Mittel gemessen worden.

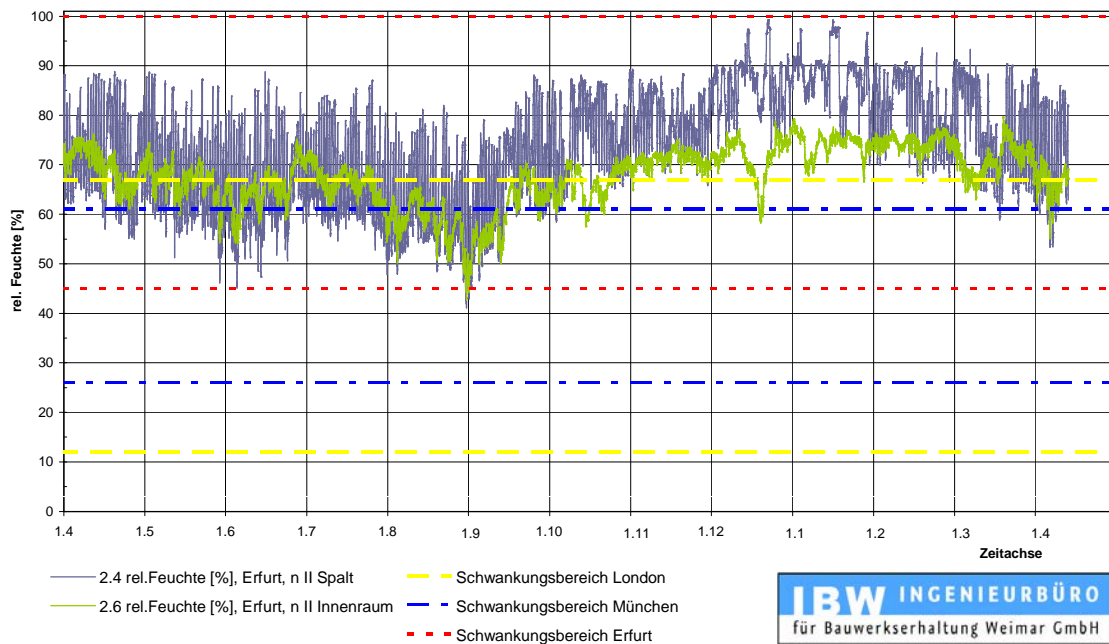


Abb. 13: Schwankungsbereich der relativen Luftfeuchte im Vergleich der drei Objekte in Erfurt, München und London

4.3 Bewertung der Ergebnisse und Empfehlungen

Beim Vergleich der absoluten Feuchten der Innenraumluft im Chor, sowie der Außenluft des Domes wird deutlich, dass der Dom über innere Feuchtelasten verfügt. Diese wirken sich nachteilig auf das Spaltklima und damit auf die originalen Bleigläser aus. Da das Spaltklima im Wesentlichen von der Luftfeuchtigkeit des Innenraumes und der Temperatur des Außenklimas beeinflusst wird, kommt es hier zu sehr ungünstigen nahfeldklimatischen Verhältnissen. Diese äußern sich in der Art, dass vor allen Dingen in den Wintermonaten eine lang anhaltende relative Luftfeuchtigkeit über 80 % vorhanden ist. Auch in den Sommermonaten kommt es zu keiner wesentlichen Reduzierung der relativen Luftfeuchten sodass davon ausgegangen werden kann, dass für entsprechende Korrosionsprozesse durch Sorptionsvorgänge an den Oberflächen ausreichend Wasser bzw. Feuchtigkeit vorhanden ist. Die Bauform der Fenster, im Zusammenhang mit der Außenschutzverglasung und der Spaltgeometrie, führt zu einer sehr hohen Luftströmungsgeschwindigkeit im Spalt. Wie bereits zuvor erläutert, führt diese hohe Luftströmung neben einem Abtrocknungseffekt auch zu einer Anreicherung von Schmutz und Schadstoffen.

Die an der Glasoberfläche gebundenen Schmutzpartikel bilden im Zusammenhang mit den hohen relativen Luftfeuchten einen idealen Nährboden für Schimmelpilze. Im Vergleich zu den museal ausgestellten Fenstern in London und München sind die Erfurter Gläser ganzjährig einem sehr kritischen Klima ausgesetzt. Das Niveau der relativen Luftfeuchten ist hier wesentlich höher und begünstigt entsprechende Schadprozesse. Auch die jahreszeitlichen und kurzfristigen Schwankungen der Temperatur und der relativen Luftfeuchte sind wesentlich höher. Das begünstigt thermische und hygrische Spannungen an den Glasoberflächen und den Malschichten, was wiederum zu einer Progression der Schädigung führen kann. Bei der Bewertung der vorliegenden Messergebnisse ist zu berücksichtigen, dass mit den Messungen ausschließlich zwei nordorientierte Fenster betrachtet wurden. Die Fenster an der Süd- und der Ostseite des Chores können sich infolge der stärkeren Sonneneinstrahlung grundsätzlich anders verhalten, als die beiden betrachteten Fenster. Auch wurden als Referenz die Innenklimaparameter im Bereich des Chores erfasst. Ein Rückschluss auf die Fenster des Langhauses ist ohne weiteres nicht möglich. Hier können zum Teil andere Innenklima-Verhältnisse herrschen. Die Konstruktion der Fenster mit ihren Außenschutzverglasungen muss ebenfalls berücksichtigt werden. Eine wesentliche Ursache für die als kritisch anzusehenden Nahfeldklimata an den Fenstern stellt die relative Luftfeuchtigkeit im Innenraum der Kirche dar. Als Grundlage für die Erarbeitung geeigneter Maßnahmen für eine präventive Konservierung der historischen Glasmalereien ist die Erfassung der innenklimatischen Verhältnisse über einen längeren Zeitraum, differenziert in den verschiedenen Bereichen des Erfurter Domes erforderlich. Insbesondere die Tatsache, dass die absolute Luftfeuchte im Innenraum des Chores fast ganzjährig über denen im Spalt und des Außenklimas lagen, ist Anlass für differenziertere Untersuchungen zum Eigenklima der Kirche. Auf der Grundlage so gewonnener Untersuchungsergebnisse sind dann geeignete Maßnahmen zur Reduzierung der inneren Feuchtelast vorzusehen.

Bei einer wirksamen Reduzierung der relativen Luftfeuchte, die sich dann auch auf das Spaltklima auswirkt, ist eine Reduzierung der Strömungsgeschwindigkeiten im Spalt zu empfehlen. Dies kann durch eine Anpassung der Spaltgeometrien bzw. der Luftöffnungen erfolgen. Dass dies möglich ist, hat der Kurzzeitversuch im Winter und Frühjahr 2010 ergeben. In jedem Fall sollte bei einer Veränderung des Gesamtsystems eine messtechnische Begleitung des Nahfeldklimas der Scheiben erfolgen, um die gewählten Maßnahmen entsprechend ihrer Wirksamkeit bewerten zu können. Zu empfehlen sind auch Untersuchungen zum Wasseraufnahmevermögen der geschädigten und ungeschädigten Glasoberflächen der historischen Fenster. Durch entsprechende Untersuchungen zum dynamischen Sorptionsverhalten kann ermittelt werden, welche relative Luftfeuchten als kritisch für die jeweiligen Gläser anzusehen sind. Auf der Grundlage dieser Untersuchungen wäre dann ein erforderliches Zielklima definierbar. Durch die Definition eines entsprechenden geeigneten Zielklimas lassen sich dann Maßnahmen erarbeiten und bewerten, die ein solches Zielklima gewährleisten können.

3D-Dokumentation mittelalterlicher Glasmalerei mit der Methode der 3D-Weißlicht-Streifenprojektion

Paul Bellendorf, Rainer Drewello, Max Rahrig, Nils Wetter

Im Rahmen des Förderprojektes „Konservierung mittelalterlicher Glasmalerei im Kontext spezieller materieller und umweltbedingter Gegebenheiten“ der Kulturstiftung des Bundes (PSR. 0010) wurden ausgewählte mittelalterliche Scheiben des Glasmalereizyklus aus dem Erfurter Dom in mehreren Messkampagnen vor Ort in der Glasmalereiwerkstatt hochgenau dreidimensional erfasst. Ziel der non-taktilen 3D-Scans war es die Veränderung der Oberfläche durch die Abnahme der Schmutz- und Korrosionsschichten zu dokumentieren. Dies erfolgte durch Scans vor und nach der Restaurierung. Weiterhin sollte eine evtl. erneute Korrosionsbildung nach einjähriger Exposition im Dom erfasst werden. Hierzu wurden ausgewählte Scheiben nach einem Jahr erneut gescannt.

Die Dokumentation von Glasmalereien mittels 3D-Scanner wurde erstmals am Mosefenster von St. Jakob in Straubing praktiziert (Drewello 2010). Mittels der berührungslosen Methode der 3D-Weißlicht-Streifenprojektion lassen sich selbst noch Strukturen im Submillimeterbereich dokumentieren. Bei diesem Scanverfahren wird nur die Oberflächengeometrie ohne jegliche Farbinformationen erfasst. Abbildung 1 zeigt einen Ausschnitt aus dem 3D-Scan der Innenseite von Feld nVII_4b. An diesem Beispiel kann man gut erkennen, wie die Schwarzlotmalerei im Scan durch den Topographieunterschied deutlich wird. Die druckgraphische Reproduktion in der Mitte der Abbildung 2 zeigt an einem anderen Erfurter Beispiel,

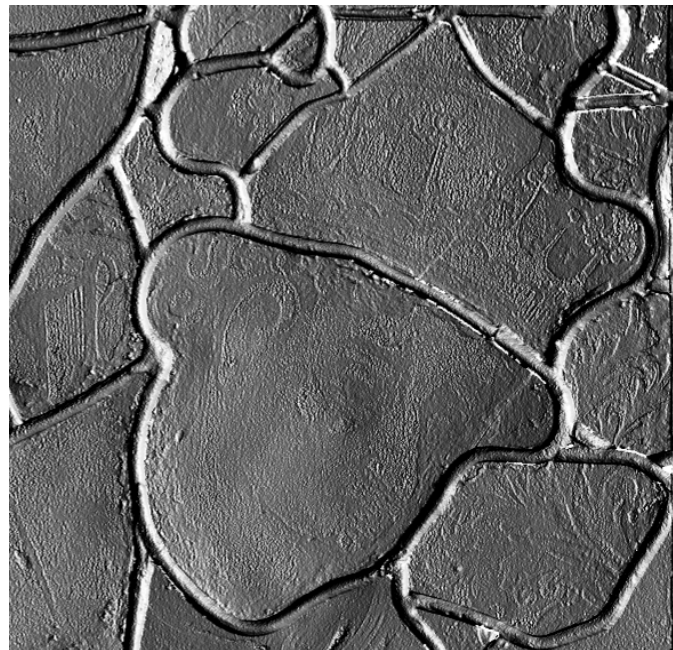


Abbildung 1: Ausschnitt des 3D-Scans der Innenseite von nVII_4b.

dass der 3D-Scan tatsächlich die Malerei detailliert aufnimmt. Rechts in der Darstellung des Scans ist deutlich die Konturenmalerei des Gesichtes und der Locken erkennbar. Für die 3D-Dokumentation am Erfurter Dom kamen zwei hochauflösende 3D-Scanner der Otto-Friedrich-Universität Bamberg zum Einsatz¹. Bei der ersten Scankampagne wurde ein Comet VarioZoom (siehe Abbildung 3) verwendet, der bei der zweiten Kampagne durch das deutlich schnellere System Comet 5/2M (siehe Abbildung 4) abgelöst wurde². Die Geräteparameter des zweiten Systems sind in Tabelle 1 abgedruckt. Das Messprinzip der beiden Scansysteme – die 3D-Weißlicht-Streifenprojektion – ist kongruent, die Datensätze daher beliebig miteinander kombinierbar.

Die Methode der 3D-Weißlicht-Streifenprojektion beruht auf der Projektion eines hell-dunklen Streifenmusters auf eine Oberfläche; das Muster wird zusätzlich gedreht bzw. verkippt. Eine CCD-Kamera nimmt das dabei entstehende Bild auf und errechnet zu einzelnen Punkten auf den Linien dreidimensionale Raumkoordinaten. Der Abstand zwischen den einzelnen Punkten beträgt bei dem gewählten Scanverfahren nur 0,125 mm. Die Genauigkeit der Einzelpunkte beträgt +/- 0,7 µm.

Da der Scanner systembedingt nur eine Fläche von der ungefähren Größe eines DinA4-Blattes auf einmal erfassen kann, waren pro Scheibe und Seite jeweils insgesamt 15 Einzelscans notwendig (drei Scans pro Reihe, in fünf Reihen übereinander). Die einzelnen Scans wurden anschließend mit Hilfe des Überlappungsbereiches zusammengesetzt, siehe Abbildung 5.



Abbildung 2: Linkes Bild: fotografische Durchlichtaufnahme; Rechtes Bild: 3D-Scan; Mitte: Druckgraphische Reproduktion bei der das linke Bild mittels der Bildbearbeitungssoftware Photoshop transparent über das rechte gelegt wurde.

¹ Eine Übersicht über unterschiedliche 3D-Scanverfahren zur Dokumentation von Kunst- und Kulturgut ist in (Bellendorf 2009a) und (Bellendorf 2009b) zu finden.

² Beide 3D-Scanner sind Produkte der Steinbichler Optotechnik GmbH

Tabelle 1: Geräteparameter Steinbichler Comet 5/2a.

Gerätebezeichnung:	Steinbichler Comet 5/ 2Ma
Messprinzip:	Weißlicht-Streifenprojektion
3D-Punktabstand, abhängig vom gewählten Objektiv:	0.055 – 0.500 mm
Messvolumen in mm ³ , je nach installiertem Objektiv:	85 x 65 x 60 / 180 x 135 x 140 / 800 x 600 x 500
Genauigkeit:	+/- 7 µm
Anwendungsgebiet:	Hoch genaue, berührungslose Erfassung von kleineren und kleinsten dreidimensionalen Oberflächen (Glasmalerei, Skulpturen, Wandmalerei usw.).



Abbildung 3: 3D-Scanner Comet VarioZoom der Fa. Steinbichler Optotechnik GmbH beim Scannen in der Glaswerkstatt des Erfurter Doms.

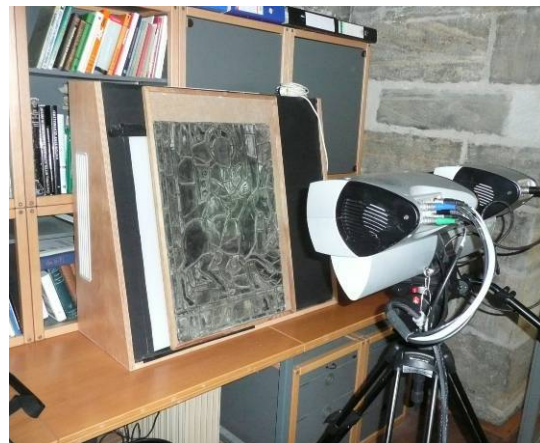


Abbildung 4: 3D-Scanner Comet 5/2M bei der Dokumentation eines restaurierten Glasmalereiefeldes.

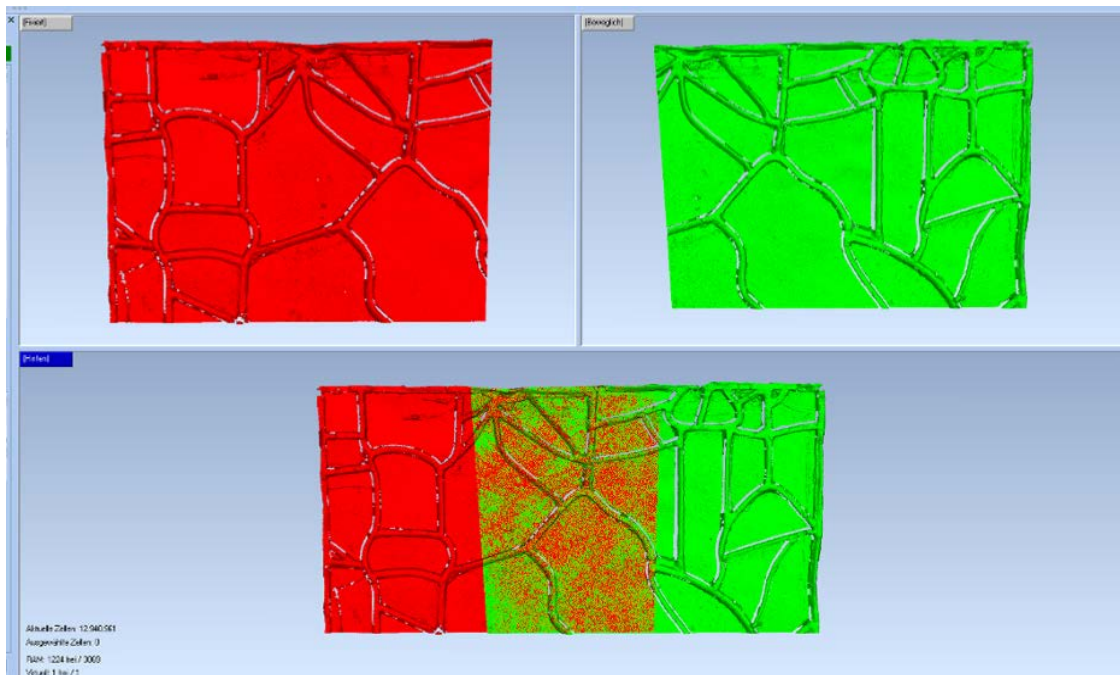


Abbildung 5: Zusammenbau zweier Einzelscans: Mit Hilfe des Überlappungsbereiches werden die einzelnen Scans zusammengesetzt; dargestellt in den Fehlfarben rot und grün. Am unteren Ausschnitt ist deutlich zu erkennen, wie sich die beiden Einzelscans nach dem Zusammenbau gegenseitig durchdringen (Screenshot aus dem Programm Geomagic Studio 10).

Die 3D-Dokumentation wurde insgesamt dreimal durchgeführt und zwar vor und nach der Restaurierung sowie nach einer einjährigen Exposition im Dom. In Abbildung 12 bis Abbildung 23 sind die zusammengebauten 3D-Scans der Scheiben (jeweils Außen und Innen) vor der Restaurierung abgelichtet.

Um die digitalen Scandaten miteinander vergleichen zu können mussten in einem ersten Schritt die Punktwolken trianguliert werden, d.h. es wurden hochauflösende Dreiecksnetze erzeugt (siehe Abbildung 6). Im anschließenden Vergleichsprozess wurden die 3D-Scans der einzelnen Scheiben vor und nach der Restaurierung sowie vor und nach der Exposition exakt übereinander gelegt. Eine Software (Comet Inspect 4.5) berechnete dann die Unterschiede der beiden Zustände und wertete diese graphisch und statistisch in einem Soll-Ist-Vergleich aus.

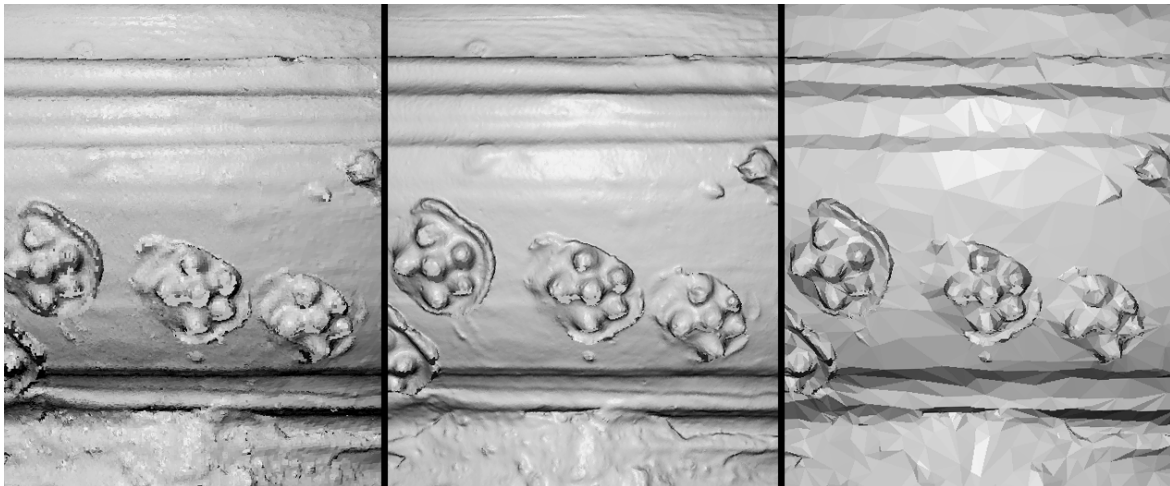


Abbildung 6: Post-Processing am Beispiel einer neuzeitlichen Steinzeugdose mit Beerennuppendekor. Links hochdetailliertes Punktmittel, Mitte Dreiecksnetz mit hoher Detaildichte. Auf der rechten Seite wurde die Kantenlänge der Dreiecke deutlich erhöht, was zu einer Reduktion der Detailtreue führt.

Tabelle 2: Bearbeitung und 3D-Scan der verschiedenen Scheiben.

	Scan vor der Restaurierung	Restaurierung der Scheibe durch die Glaswerkstatt	Scan nach der Restaurierung	Exposition im Dom	Scan nach einjähriger Exposition
nII_1b	X				X
nIV_1c	X				X
nVII_4b	X	X	X	X	X
nVII_6a	X	X	X	X	X
nVIII_3a	X	X	X	X	
nVIII_4b	X	X	X	X	

Bei dem Vergleich von zwei Scans im zeitlichen Abstand ist zu beachten, dass verbleite Glaspanele nicht in sich starr und unbeweglich sind, sondern, dass sich die Bleiruten und die darin eingefassten Einzelglasscheiben durch den Transport leicht bewegen können. Abbildung 7 zeigt zur Veranschaulichung den Vergleich der Innenseite von Scheibe nVIII_4b vor und nach der Restaurierung. Deutlich erkennbar ist das gleichmäßige Durchhängen der gesamten Scheibe im Innenbereich, sowie das Aufwölben in den Randbereichen. Ebenfalls gut erkennbar sind Restaurierungen historischer Reparaturen, wie beispielsweise das Entfernen nachträglich hinzugefügter Bleiruten zum Ausbessern von Sprüngen.

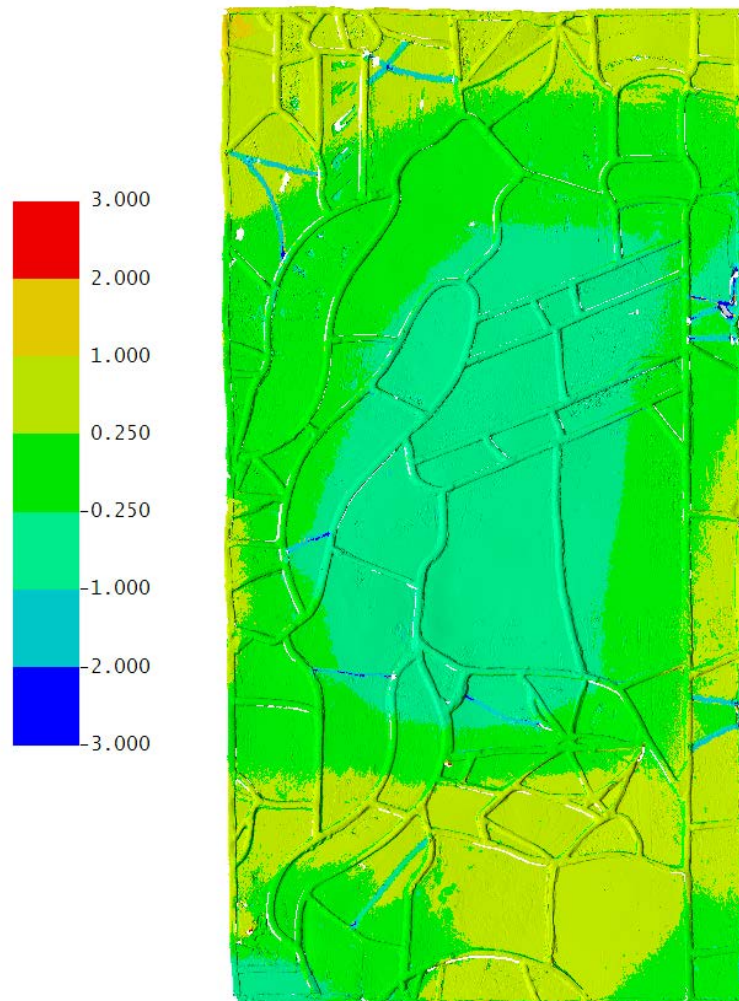


Abbildung 7: Vergleich der Scheibe nVII_4b_Innen vor und nach der Restaurierung mit dem Programm Comet Inspect: Transportbedingte Veränderungen von mehreren Millimetern sind deutlich erkennbar. Mittig hängt die Scheibe leicht durch, in den Randbereichen hingegen wölbt sie sich auf. Zusätzlich wurden Restaurierungen von Altreparaturen sichtbar gemacht: Nachträglich hinzugefügte Bleiruten, welche nun wieder entfernt wurden zeichnen sich deutlich als blaue Linien ab.

Da die transportbedingten Bewegungen im Bleinetz zwischen den Scankampagnen Abweichungen von mehreren Millimetern verursachen, ist es für einen exakten Soll-Istvergleich im Submillimeterbereich zwingend notwendig die Einzelscheiben ohne Bleiruten aus den virtuellen Scans zu extrahieren und separat miteinander zu referenzieren. Das Ergebnis, exemplarisch in Abbildung 9 bis Abbildung 11 dargestellt, zeigt zum einen die Oberflächenstruktur der Scheiben und Bleiruten, zum anderen den Vergleich der Scheibe vor und nach der Restaurierung. Deutlich sichtbar sind die blauen Bereiche, an denen die Oberfläche reduziert wurde. In den grünen Bereichen ist hingegen keine Reduzierung ablesbar (Skala in mm).

Wie Abbildung 1 und Abbildung 8 deutlich zeigt, ist die Dokumentation von bemalten (und verwitterten) Glasmalereien möglich. Dies bestätigt das bereits in (Drewello 2010) publizierte Ergebnis der Glasfenster aus St. Jakob zu Straubing. Mit Hilfe der 3D-Weißlicht Streifenprojektion können Schwarzlotmalereien auf Glas

dreidimensional erfasst werden. Selbst mit dem bloßen Auge kaum noch wahrnehmbare Reste sind somit dokumentierbar.

Die Ergebnisse der 3D-Scans vor und nach der Restaurierung zeigen, dass durch die Restaurierungsmaßnahmen Schmutz- und Korrosionskrusten reduziert wurden. Die Menge an abgenommenen Material muss aber sehr gering gewesen sein, da nur marginale und keine signifikanten Unterschiede zwischen den Scans vor und nach der Restaurierung erkennbar sind.

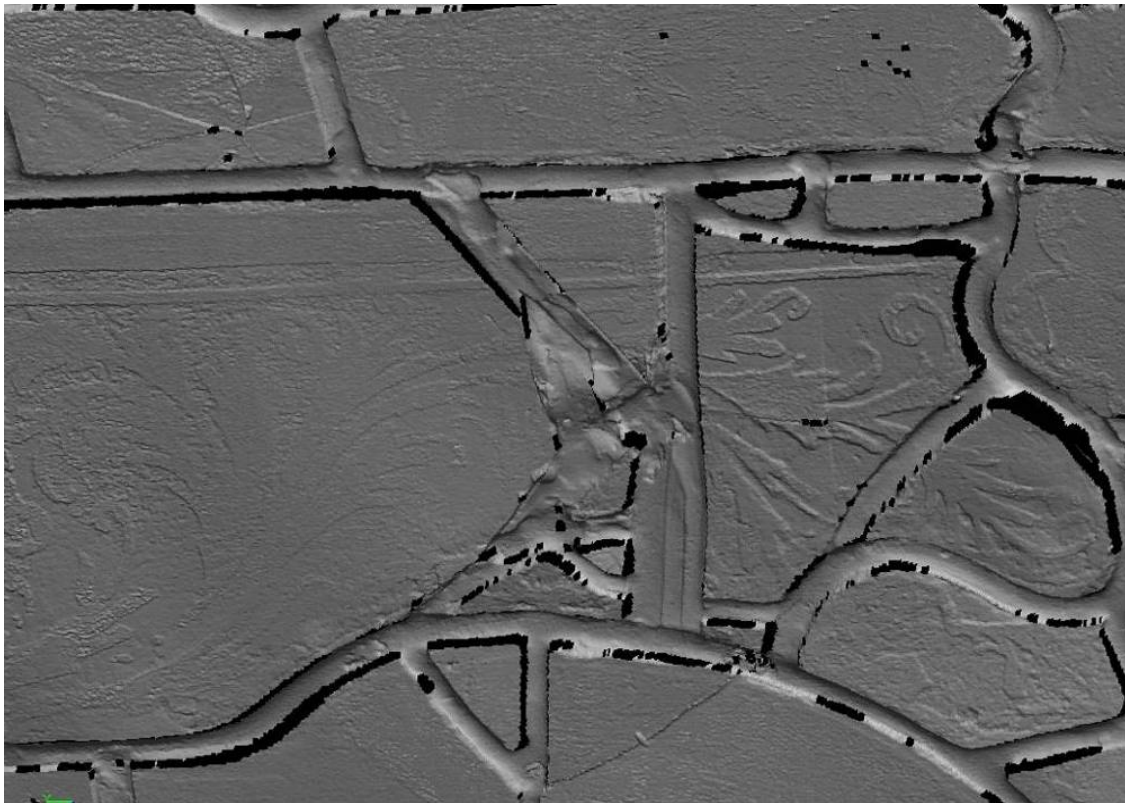


Abbildung 8: Detailaufnahme des 3D Scans der Innenseite von Scheibe nVII_4b vor der Restaurierung – sichtbar die Bleiruten und die Oberflächenstruktur der einzelnen Scheiben (Screenshot aus dem Programm Comet Plus).

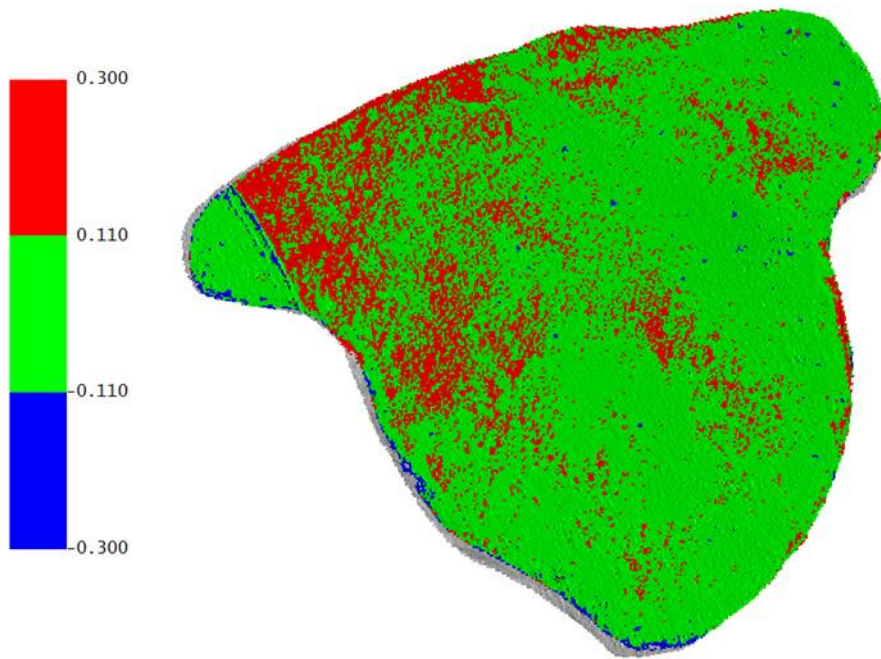


Abbildung 9: Teilscheibe nVII 4b Außen: Virtueller Vergleich der Scans vor und nach der Restaurierung, dargestellt in Fehlfarben (Skala in mm; Screenshot aus dem Programm Comet Inspect).

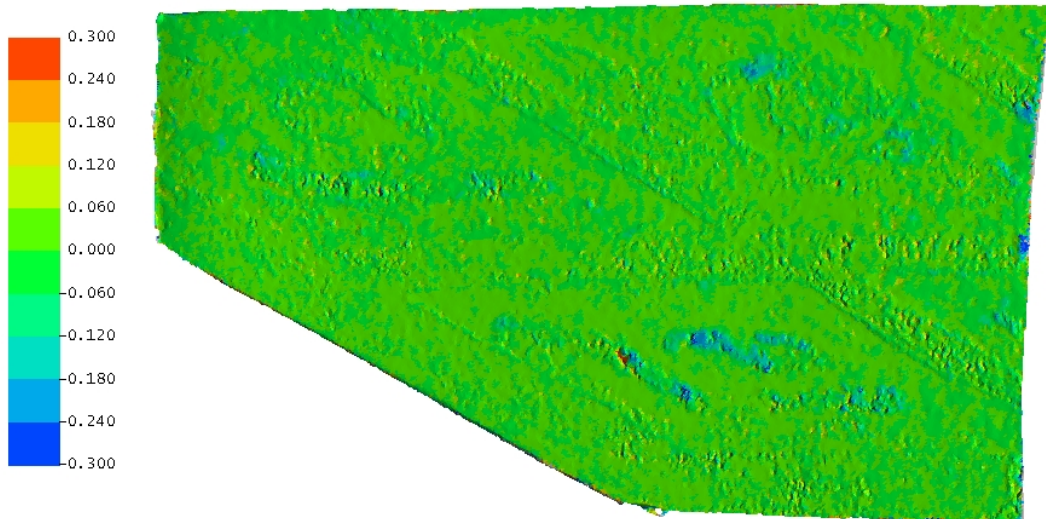


Abbildung 10: Teilscheibe nVII_4b Innen: Virtueller Vergleich der Scans vor und nach der Restaurierung (Skala in mm; Screenshot aus dem Programm Comet Inspect).

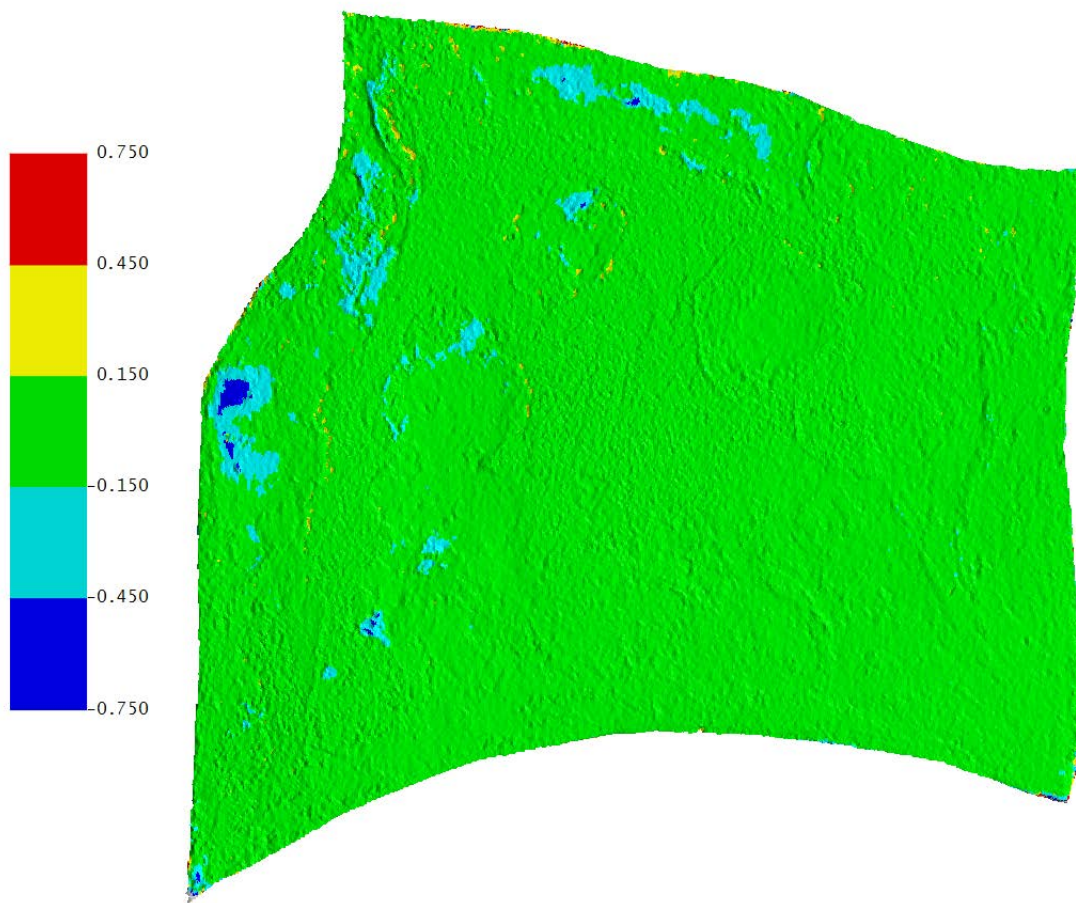


Abbildung 11: Vergleich einer Teilscheibe aus nVIII_4b Innen vor und nach der Restaurierung (Skala in mm; Screenshot aus dem Programm Comet Inspect).



Abbildung 12: 3D-Scan der Außenseite des Feldes nII_1b.



Abbildung 13: 3D-Scan der Innenseite von nII_1b.



Abbildung 14: 3D-Scan der Außenseite von nIV_1c.



Abbildung 15: 3D-Scan der Innenseite von nIV_1c.

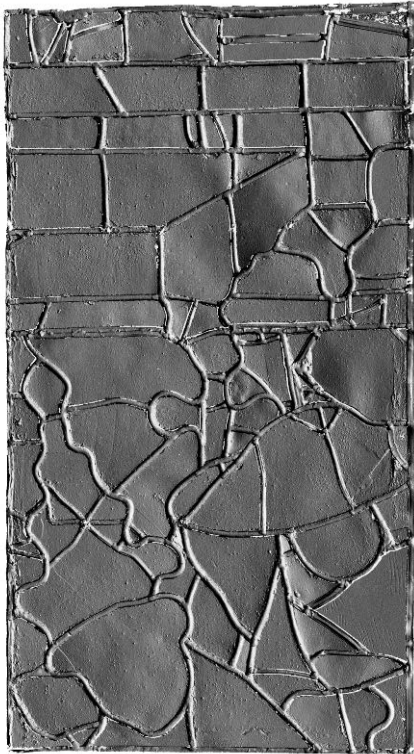


Abbildung 16: 3D-Scan der Außenseite von nVII_4b.

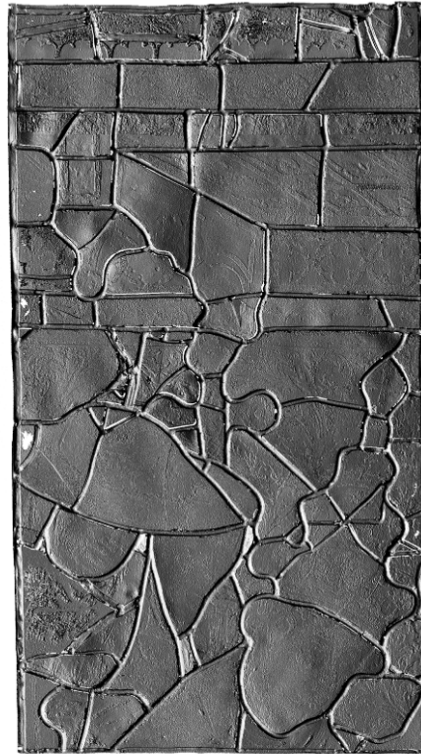


Abbildung 17: 3D-Scan der Innenseite von nVII_4b.



Abbildung 18: 3D-Scan der Außenseite von nVII_6a.



Abbildung 19: 3D-Scan der Innenseite von nVII_6a.



Abbildung 20: 3D-Scan der Außenseite von nVIII_3a.



Abbildung 21: 3D-Scan der Innenseite von nVIII_3a.



Abbildung 22: 3D-Scan der Außenseite von nVIII_4b.



Abbildung 23: 3D-Scan der Innenseite von nVIII_4b.

Literatur:

Bellendorf 2009a:

Bellendorf, Paul: Laserscanning zur 3D-Vermessung von Kunst- und Kulturgut. In: Laseranwendung in Restaurierung und Denkmalpflege. Grundlagen - Chancen - Perspektiven. Tagung am 30. und 31. Januar 2009 in Osnabrück. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag 2009. S.197-204.

Bellendorf 2009b:

Bellendorf, Paul: Hoch aufgelöste 3D-Dokumentation mittelalterlicher Oberflächen. Tagung: „Farbiges Mittelalter“?!, Bamberg 1.- 5. März 2009, im Druck.

Drewello 2010:

Drewello, Rainer; Kleine, Markus; Bellendorf Paul: Das mittelalterliche Mosesfenster in St. Jakob in Straubing im Schnittpunkt von Wissenschaft, Restaurierung und topografischer Dokumentation. In: The Art of Collaboration Stained-Glass Conservation in the Twenty-first Century, Harvey Miller Publishers, London, 2010, S. 183-192.

Abbildungsnachweis:

Alle Abbildungen von den Autoren

Kurzresümee

Falko Bornschein

Die Arbeiten am Förderprojekt PSR 0010 der Kulturstiftung des Bundes waren in die turnusmäßigen Restaurierungs- und Konservierungsmaßnahmen am Bonifatiusfenster nord VII und insbesondere am Helenafensters nord VIII aus dem Hohen Chor des Erfurter Domes eingebunden.

Das Projekt beinhaltete drei Untersuchungsschwerpunkte: Ein Erster beschäftigte sich mit der Erforschung einer speziellen Restaurierungs- und Konservierungsproblematik an den Nordseitenfenstern nord IV-VIII des Erfurter Domchores. Dort waren in den Jahren 1910/11 durch die Werkstatt Linnemann (Frankfurt/Main) innenseitig flächig Zaponlacküberzüge aufgetragen worden. Letztere dienten zur Sicherung damals vorgenommener Retuschen und wohl auch zum ästhetischen Ausgleich von Helligkeitsunterschieden. Dieser Überzug begann sich jedoch bald unter Schädigung der originalen Malerei abzulösen. Untersucht wurden die näheren Begleitumstände der Maßnahme von 1910/11, der sich anschließende Schadensverlauf, die Methoden des Umgangs mit den entsprechenden Schadensphänomenen in den letzten 100 Jahren, das heute noch vorhandene Schadenspotential sowie Möglichkeiten der restauratorischen Behandlung der verbliebenen Reste dieser Überzüge. Am Ende der Untersuchungen standen konkrete Empfehlungen zur Behandlung der noch vorhandenen Zaponlackreste, die am Helenafenster (süd VIII) bereits Anwendung gefunden haben.

Ein zweiter Untersuchungsschwerpunkt sollte das Verhältnis von Umwelteinflüssen und früheren restauratorischen Eingriffen als Ursachen für heutige Glasmalereischäden bzw. die Dynamik von Schadensverläufen klären helfen. Dabei wurden einzelne Felder untersucht, die zu unterschiedlichen Zeiten aus dem Domchor an andere Orte gelangten, wo sie abweichenden Umweltbedingungen und anderen restauratorischen Eingriffen ausgesetzt waren, als die in situ verbliebenen Glasmalereien. Sie befinden sich heute in verschiedenen Museen in Erfurt, Darmstadt, München, London und New York bzw. im Depot der Erfurter Glaswerkstatt. Es stellte sich heraus, dass trotz der Verwendung korrosionsanfälliger Glassorten die Glasmalereien am Erfurter Dom bis zum Anfang des 19. Jahrhunderts offenbar fast unbeschadet die Zeiten überstanden hatten. Erst die sich stark verschlechternden Umweltbedingungen im Zeitalter der Industrialisierung ab Mitte des 19. Jahrhunderts, die parallel laufenden eingreifenden Restaurierungsmaßnahmen und die gegenüber der musealen Aufbewahrung schlechteren klimatischen Bedingungen führten zu Schäden unterschiedlicher Art. Sie manifestierten sich zunächst auf der Außenseite der Objekte in Form der Bildung einer kompakten Wettersteinkruste und später in fortschreitenden Malschichtschäden auf der Innenseite der Gläser.

Ein dritter Schwerpunkt beschäftigte sich schließlich mit der Durchführung eines Monitorings der Glasmalereien auf 3D-Basis. Dazu wurden die Vorder- und die Rückseite mehrerer Probefelder vor ihrer restauratorischen Bearbeitung entsprechend im Profil gescannt. Ein Wiederholen dieser Scans nach den Maßnahmen und nach einem Jahr Exposition in situ erlaubten im Vergleich

präzisere Aussagen über Veränderungen im Oberflächenprofil und die genaue Lokalisierung entsprechender Stellen. Die erstmals zu Monitoringzwecken im Glasmalereibereich angewandte Methode scheint vielversprechend zur besseren Bewertung von Schadensfortschritt – der Zunahme an Korrosionsprodukten, Substanzverlust oder sich lockernden Applikationen. Eine Wiederholung der Scans nach einer mehrjährigen Exposition der Probefelder wird genauere Aufschlüsse erlauben. Gegenüber der bisher praktizierten Fotografie bzw. der grafischen Dokumentation wäre damit eine Methode zur Beurteilung bestimmter Prozesse auf der Oberfläche der Glasmalereien gewonnen, die Veränderungen selbständig auffindet wie auch einen höheren Grad an Objektivität und Präzision bietet.

Mit den drei genannten Schwerpunkten beschränkte sich der Fokus des Projektes nicht nur auf ein konkretes aktuelles restauratorisch-konservatorisches Problem, sondern bezog mit der Suche nach Schadensursachen und Verlaufsformen auch vergangene Entwicklungen mit ein, um gleichzeitig den Blick in die Zukunft zu richten.